

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

**Planteamiento de metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva peruana**

Carlos Manuel Cerna Silva

Para optar el Grado Académico de Bachiller en  
Ingeniería Eléctrica

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis papás de quienes en este tiempo de mis estudios me brindaron el apoyo en forma incondicional para el desarrollo del presente estudio de investigación.

A mis maestros, quienes nos brindaron sus conocimientos sin ningún tipo de reparos.

A mi asesor, que en forma constante nos permitió cristalizar el presente trabajo.

A mi amada enamorada, de brindarme el apoyo en cada momento y por entenderme en los momentos más difíciles.

## **DEDICATORIA**

A Dios, de quien tenemos nuestro guía de nuestro camino.

A nuestros padres, que jamás han soslaya en quitarnos su apoyo incondicional.

A mi amada enamorada, de brindarme el apoyo en cada momento y estar conmigo en el transcurso de mi formación profesional y académica.

# ÍNDICE

PORTADA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	VIII
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE ECUACIONES.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	2
1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	3
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3

1.3.2.	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	4
1.4.	HIPÓTESIS.....	4
1.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	4
1.5.	VARIABLES.....	5
1.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	5
1.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
1.5.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	6
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>8</b>
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.1.1	NACIONAL.....	8
2.1.2	INTERNACIONAL.....	9
2.2	BASES TEÓRICAS.....	10
2.3	DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	25
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>27</b>
3.1	MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
3.1.1	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1.2	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
3.1.3	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
3.3.1	POBLACIÓN.....	28
3.3.2	MUESTRA.....	28
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	29

3.4.1	INSTRUMENTOS .....	29
3.4.2	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO .....	29
3.4.3	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	29
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>30</b>
4.1	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	30
4.2	PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	90
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	92
<b>CONCLUSIONES:.....</b>		<b>94</b>
<b>BIBLIOGRÁFICA.....</b>		<b>96</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>100</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relé buchholz .....	11
Figura 2: Fuga de aceite .....	13
Figura 3. Niveles de automatización .....	13
Figura 4. Mando Nivel 0 .....	14
Figura 5. Mando Nivel de operación 1 .....	15
Figura 6. Mando del Controladores de bahía.....	16
Figura 7. Interfaz Hombre Máquina.....	16
Figura 8. Nivel de Automatización 3.....	17
Figura 9. Lógica de enclavamiento del interruptor .....	18
Figura 10. Enclavamiento de seccionadores .....	19
Figura 11. Mantenimiento en autotransformadores .....	20
Figura 12. Partes del relé buchholz.....	21
Figura 13. Protección de sobrepresión .....	22
Figura 14. Indicador de imagen térmica.....	22
Figura 15. Nivel de aceite.....	23
Figura 16. Filosofía de la protección diferencial.....	24
Figura 17: Protecciones para el autotransformador .....	79
Figura 18: Filosofía de la protección diferencial.....	82
Figura 19: Algoritmos de la protección diferencial en la marca SEL .....	83
Figura 20: Ajustes en relé SEL.....	84
Figura 21: Algoritmos de la protección diferencial ABB .....	85
Figura 22: Análisis de la secuencia negativa .....	86
Figura 23: Ajustes en relé ABB .....	86
Figura 24: Algoritmos de la protección diferencial SIEMENS .....	87
Figura 25: Ajustes en relé siemens .....	87
Figura 26: Diagrama del autotransformador 250/250/75 MVA .....	88



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Cantidad de veces de falla en el año 2016.....	30
Ilustración 2:Cantidad de veces de falla en el año 2017.....	31
Ilustración 3:Cantidad de veces de falla en el año 2020.....	32
Ilustración 4:Cantidad de fugas en el año 2014.....	32
Ilustración 5:Cantidad de fugas en el año 2015.....	33
Ilustración 6:Cantidad de fugas en el año 2017.....	34
Ilustración 7:Grado académico de los encuestados .....	35
Ilustración 8:Porcentaje de encuestados que utilizan metodología para verificar las protecciones mecánicas y eléctricas en un Autotransformador.....	35
Ilustración 9:Porcentaje de errores por enclavamientos eléctricos al desenergizar un autotransformador .....	36
Ilustración 10:Porcentaje de error por enclavamientos mecánicos .....	36
Ilustración 11:Porcentaje de errores al año que se presentan por enclavamientos digitales según los encuestados.....	37
Ilustración 12:Porcentaje de fallas que pueden ocurrir en el relé buchholz al año.....	37
Ilustración 13:Porcentaje de cantidad de fugas de aceite en un relé buchholz .....	38
Ilustración 14:Porcentaje de fallas por relé de sobrepresión .....	38
Ilustración 15:Porcentaje de fallas por relé de flujo .....	39
Ilustración 16:Porcentaje de veces por fuga de aceite de un relé de flujo .....	39
Ilustración 17:Porcentaje de fallas de un relé de presión de alivio .....	40
Ilustración 18:Porcentaje de fallas relé de imagen térmica de aceite.....	40
Ilustración 19:Porcentaje de fallas por relé imagen térmica de devanado .....	41
Ilustración 20:Porcentaje de cantidad de sobrecarga que puede presentarse en autotransformador de 250 MVA .....	41
Ilustración 21:Porcentaje de cantidad de gases que puede presentarse en autotransformador .....	42
Ilustración 22:Porcentaje de fugas de aceite que se presentan en un autotransformador..	42
Ilustración 23:Porcentaje que no actúa la función diferencial (87) .....	43
Ilustración 24:Porcentaje que el diferencial de tierra (87N) no actúa .....	43
Ilustración 25:Porcentaje de la cantidad de veces que no actúa la función sobrecorriente instantáneo (50).....	44
Ilustración 26:Porcentaje de veces que no actúa la función de sobrecorriente instantáneo a tierra (50 N) .....	44

Ilustración 27:Porcentaje que no actúa la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N)	45
Ilustración 28:Porcentaje que no actúa la función de sobrecorriente temporizado (51)	46
Ilustración 29:Porcentaje de veces que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA)	46
Ilustración 30:Porcentaje de veces para realizar Análisis físico químico (AFQ)	47
Ilustración 31:Porcentaje de veces al año que un autotransformador se incendia	47
Ilustración 32:Porcentaje de errores al año por enclavamientos eléctricos usando metodología	50
Ilustración 33:Porcentaje de errores al año se presentan en los enclavamientos mecánicos usando metodología	50
Ilustración 34:Porcentaje de errores al año se presentan por enclavamientos digitales utilizando metodología	51
Ilustración 35:Porcentaje de fallas por relé buchholz usando metodología	51
Ilustración 36:Porcentaje de cantidad de veces al año se presentan fugas de aceite en un relé buchholz usando metodología	52
Ilustración 37:Porcentaje de fallas en un relé de sobrepresión usando metodología	52
Ilustración 38:Porcentaje de fallas de un relé de flujo usando metodologías	53
Ilustración 39:Porcentaje de fuga de aceite en un relé de flujo usando metodología	53
Ilustración 40:Porcentaje de fallas por relé de presión de alivio usando metodología	54
Ilustración 41:Porcentaje de fallas por relé de imagen térmica de aceite usando metodología	54
Ilustración 42:Porcentaje de veces al año que se sobrecarga un autotransformador 250 MVA	55
Ilustración 43:Porcentaje de fallas por relé de imagen térmica de devanado usando metodología	55
Ilustración 44:Porcentaje de veces al año que se presentan gases en un autotransformador usando metodologías	56
Ilustración 45:Porcentaje de veces al año que se presentan fugas de aceite en un autotransformador	56
Ilustración 46:Porcentaje de veces al año que la función diferencial (87) no actúa	57
Ilustración 47:Porcentaje de veces al año que la función diferencial a tierra (87N) no actúa	57
Ilustración 48:Porcentaje de veces que la función sobrecorriente instantáneo (50) no actúa	58

Ilustración 49:Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no actúa.....	58
Ilustración 50:Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) utilizando metodología .....	59
Ilustración 51:Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) utilizando metodología .....	59
Ilustración 52:Porcentaje de veces que se debe hacer a año el Análisis de gases disueltos (DGA) .....	60
Ilustración 53:Porcentaje de veces que se debe hacer a año el Análisis físico químico (AFQ) .....	60
Ilustración 54:Porcentaje de veces que puede incendiarse un autotransformador .....	61
Ilustración 55:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del relé buchholz .....	68
Ilustración 56:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del relé flujo .....	70
Ilustración 57:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del indicador de temperatura .....	72
Ilustración 58:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del relé de sobrepresión.....	74
Ilustración 59:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del indicador de nivel.....	76
Ilustración 60:Diagra de flujo para el cálculo de ajustes .....	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Operacionalización de variables .....	6
Tabla 2:Fallas de los relés mecánicos de los transformadores y autotransformadores .....	34
Tabla 3.Evaluación de personas que usan metodologías .....	48
Tabla 4.Evaluación de personas que no usan metodologías .....	62
Tabla 5: Ajustes de fases lado 220 kV .....	80
Tabla 6:Ajustes fases lado 138 kV .....	80
Tabla 7:Ajuste de fases lado 22.9 kV .....	81
Tabla 8:Ajuste de fase a tierra lado 220 kV .....	81
Tabla 9:Ajuste de fase a tierra lado 138 kV .....	82

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1:Cálculo de nivel de confiabilidad.....	29
---	----

## RESUMEN

Esta investigación tiene el propósito de superar los inconvenientes que puede afrontar los autotransformadores de potencia en niveles de tensión 220/138/22.9 kV a una potencia de 250/250/75 MVA ONAF en la zona de la selva Peruana, con respecto al suministro de la energía eléctrica, pues la preocupación de las empresas es evitar que haya desconexiones del servicio eléctrico, por mala actuación de protecciones mecánicas y eléctricas.

Por este motivo, es necesario la revisión de la secuencia de operación, protecciones mecánicas y eléctricas de un autotransformador de potencia, ya que en una subestación de potencia es el activo más importante y debe garantizar la seguridad, confiabilidad y rentabilidad. Siendo nuestro problema ¿Cómo afectan, las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana?.

Siendo el objetivo general de Plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de la protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de la selva peruana, se introduce innovaciones, que dará lugar en evitar, la desconexión de los autotransformadores que sería perjudicial para el sistema eléctrico.

Palabras clave: Energía, Potencia, operación y protección.

## **ABSTRACT**

This investigation has the purpose of overcoming the inconveniences that power autotransformers may face at voltage levels 220/138 / 22.9 kV at a power of 250/250/75 MVA ONAF in the Peruvian jungle area, with respect to the supply of electrical energy, since the concern of companies is to avoid disconnections from the electrical service due to poor performance of mechanical and electrical protections. For this reason, it is necessary to review the sequence of operation, mechanical and electrical protections of a power autotransformer, since in a power substation it is the most important asset and must guarantee safety, reliability and profitability. Being our problem, how do they affect the mechanical and electrical protections against anomalies that ensure the reliability of a bank of 250/250/75 MVA ONAF autotransformers in a 220/138 / 22.9 electrical substation in the Peruvian jungle area?.

Being the general objective of Raising methodologies for the verification and verification of the operation of the mechanical and electrical protections against anomalies that ensure the reliability of a Bank of 250/250/75 MVA ONAF autotransformers in an electrical substation of 220/138 / 22.9 in In the Peruvian jungle area, innovations are introduced, which will lead to avoiding the disconnection of the autotransformers that would be detrimental to the electrical system.

Keywords: Energy, Power, operation and protection.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la energía eléctrica que hoy se ha convertido parte de la vida del hombre, debido a que las diferentes actividades económicas a nivel productivo y de servicio, como también en la vida doméstica necesariamente deben contar con el suministro de la energía eléctrica. Asimismo, a medida que se muestra el crecimiento urbanismo de las urbes, donde las actividades económicas se diversifican, una central eléctrica debe tomar las medidas necesarias para suministrar de manera adecuada la energía eléctrica, tanto a nivel doméstico como industrial, al mismo tiempo, la instalación de sub estaciones alimentadoras de energía, ya que, al producirse algún desperfecto, la subestación eléctrica se encargaría de focalizar la solución del problema.

La presente investigación es sobre el Planteamiento de metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 KV en zona de selva Peruana. En ocasiones hay explosiones de autotransformadores y para ello se requiere una adecuada verificación y mantenimiento programados para alargar su vida.

Nuestro estudio está dividido de la siguiente manera:

El capítulo I: Este capítulo se relaciona con el planteamiento de estudio donde se desarrolló el planeamiento y formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de variables.

El capítulo II: Se enfoca en el Marco Teórico que estuvo constituido en antecedentes de problema, bases teóricas y definición de términos generales

El capítulo III: Se desarrolla la metodología de la investigación que se señaló método, alcance de la investigación, diseño, población y muestra. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El capítulo IV: Resultados y discusión que estuvo constituido por el tratamiento y análisis de información y la discusión de resultados.

Finalmente abordamos las conclusiones y anexos.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En este trabajo de investigación nace como consecuencia del trabajo que realizó día a día, que es el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los equipos de patio de llaves de subestaciones eléctricas en niveles de tensión 500,220,138,66,60,24,22.9 y 10 KV .Durante el tiempo de experiencia adquirida, pude apreciar la importancia del mantenimiento y la operación correcta de los equipos eléctricos de una subestación , como bien lo dicen los ingenieros eléctricos, una subestación eléctrica es responsable de transformar, proteger, controlar y maniobrar la energía eléctrica recibida.

Evidentemente, una subestación eléctrica se considera como una minicentral, que permite llevar a cabo las acciones de la operación, automatización y protección. Con la finalidad de evitar el desperdicio de la energía eléctrica en forma innecesaria. Por esta razón cuando una de estas antes mencionadas presenta una falencia en la operación y mantenimiento. Da como resultado la pérdida de energía por errores humanos al momento de reponer o energizar una línea, transformador, autotransformador, reactor, banco de compensación, SVC, etc.



Es por ello por lo que aproveche la oportunidad de realizar planteamientos de metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 KV en zona de selva Peruana.

## **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo afectan, las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva peruana?

### **1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cómo afectan, la inadecuada secuencia de operación ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana?

¿Cómo afectan, las protecciones mecánicas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana?

¿Cómo afectan, las protecciones eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana?

## **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva peruana.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Plantear metodologías para la verificación y comprobación de una adecuada secuencia de operación ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

Plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

Plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones eléctricas ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Es relevante llevar a cabo esta investigación, porque no solo será un aporte para el área de ingeniería eléctrica o mecánica eléctrica para plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco

de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana.

### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Económicamente es justificable llevar a cabo este estudio, puesto que, si se toma en cuenta las metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana, podrá ahorrarse a las empresas eléctricas, costos en la operación, mantenimiento y tiempo de horas hombre.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

Las metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento en una adecuada secuencia de operación ante anomalías mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

Las metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas ante anomalías mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

Las metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las eléctricas ante anomalías mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

## **1.5. VARIABLES**

### **1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sobrecarga, presencia de gases, fuga de aceite en el autotransformador y falta de enclavamientos eléctricos.

### **1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Confiabilidad.

### 1.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1.Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Sobrecarga en el autotransformador	Independiente	La sobrecarga es el exceso de carga o intensidad que supera el valor nominal	Rango de potencia	Tiempo de apertura de interruptor	Relé de sobrecorriente 50, 51, 50N y 51N Relé diferencial 87 y 87N Relé de imagen térmica
Presencia de gases en el autotransformador		La presencia de gases es la generación por sobrecargas o corrientes de cortocircuito	Cantidad de gases	Alarma por presencia de gases Disparo de interruptor por acumulación excesiva de gases	Relé Bucholz Relé de Sobrepresión Análisis DGA Análisis AFQ

Fuga de aceite en el autotransformador		La fuga de aceite es la pérdida de aceite contenido en un autotransformador	Disminución de aceite mineral	Alarma por disminución de aceite  Disparo de interruptor por disminución excesiva de aceite	Relé de flujo
Falta de enclavamientos eléctricos		Los enclavamientos son bloqueos que interrumpen ó impiden la operación de un equipo	Cantidad de enclavamientos eléctricos	Lógica de apertura y cierre errónea	Lógica de enclavamientos eléctricos
Confiabilidad	Dependiente	La confiabilidad es la probabilidad de que un autotrasnformador pueda suministrar energía durante un período de tiempo.	Frecuencia Media de Interrupción	SAIDI	Estadística COES
			Tiempo Total Promedio de Interrupción	SAIFI	

Nota: Elaboración propia en base al cuadro brindado por la universidad.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1 NACIONAL**

CORDOVA SAAVEDRA EDSON, en su tesis de proponer la forma como Diseñar una Subestación de Transmisión de Potencia , a partir de una hoja de cálculo en Microsoft Excel que permite al estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica y/o ramas afines el diseño de subestaciones de transmisión de potencia convencional y determinar sus parámetros, así como la selección de equipos electromecánicos. (Cordova, 2018). En la tesis es solamente para realizar la selección de equipos electromecánicos en niveles de tensión 60,138 y 220 KV.

CAÑARIS, R, quien desarrollo su tesis “Implementación de subestación 220/60/22.9 kV para La Planta De Fosfatos Del Pacífico En La Ciudad De Piura”, el proyecto se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Sechura, departamento de Piura. El proyecto pertenece a la unidad Fosfatos del Pacífico (Fospac) de Cementos Pacasmayo en el cual se planteó en calidad de problema. (Cañaris, 2018).Siendo el objetivo general la Construcción una subestación 220/60/22.9 kV y línea de transmisión asociadas para la planta de Fosfatos del Pacifico.

SERVA, M. Desarrollo la tesis “Automatización de subestaciones de potencia de la empresa distribuidora Electro Ucayali S.A. mediante un sistema SCADA/ICCP para permitirle el monitoreo, control y envío de datos al centro de control del Coes”. Ya que no contaba con un sistema integrado de automatización y control que le permita gestionar sus subestaciones de potencia en tiempo real y cumplir adecuadamente con los procedimientos de toma de lecturas de energía, monitoreo, control de sus equipos y envío de datos al Centro de Control COES. El propósito de esta tesis es implementar un sistema SCADA/ICCP en la empresa distribuidora ELECTRO UCAYALI S.A., con el fin de automatizar las subestaciones de potencia y permitirle el monitoreo, control y envío de datos al centro de control COES. (Serva, 2019)

JHON EDGAR QUSIYUPANQUI Y MIGUEL ANGEL VILCA ,Quienes desarrollaron la tesis "Estudio de coordinación de protecciones en la subestación de Dolorespata acorde a la nueva topología en alta y media tensión para el año 2018",como el objetivo de proponer un nuevo estudio de coordinación de protecciones acorde a la nueva topología del sistema Sur Este en las instalaciones de la Subestación de Dolorespata, con una proyección al 2018. (Cusiquispe, 2015)

### **2.1.2 INTERNACIONAL**

BARRANTES, L. En su tesis Diseño del Sistema de Protección y Control de Subestaciones Eléctricas, presentada en la Universidad de Madrid, el objetivo principal de esta tesis es diseñar el sistema tanto de protección y control para el correcto funcionamiento y actuación en caso de fallas presentadas en una subestación eléctrica. En el cual llego a la conclusión que la subestación, desarrolla sus operaciones de suministro de energía en forma operativa. (Barrantes, 2011)

CHÁVEZ, G. En su tesis Propuesta de Automatización de una Subestación Eléctrica de Distribución, este trabajo tiene como fin proponer un sistema adecuado de automatización en una subestación, las cuales mejorarían su funcionamiento y aumentarían la confiabilidad en el sistema en caso de fallas o malas maniobras. Estableciendo una comparación entre las tecnologías usadas en las subestaciones actualmente y las de última generación. Además, propone en calidad de problema



se plantea incrementar la aplicación de equipo automatizado, reemplazando los elementos obsoletos por tecnologías vanguardistas. Es decir, trata de establecer nuevas tecnologías que permiten ahorrar el suministro de energía y además el costo y tiempo. (Chavez, 2013)

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Sobrecarga en el autotransformador**

Un autotransformador se define por su potencia asignada para su funcionamiento, ya que es la potencia a la que trabaja. Esta potencia se determina a partir del producto que existe entre la tensión y corriente, los valores eléctricos se muestran en la placa de características. (QIANQIAN, 2015 pág. 17)

#### **2.2.1.1 Efectos generales de las sobrecargas:**

- a) Las temperaturas de los arrollamientos, conexiones, aislamientos y aceite aumentan bruscamente.
- b) Incrementando la densidad de flujo de dispersión, causada por el efecto Foucault que calienta y produce pérdidas.
- c) Aumento de la humedad y el contenido de gas en el aislamiento en el aceite debido al incremento de la temperatura, ya que la capacidad del papel de retener agua disminuye con la temperatura, mientras que la solubilidad del agua en el aceite aumenta con la temperatura. Ello hace que cuando la temperatura aumenta una parte del agua que se encuentra en el papel pase al aceite y al contrario cuando el transformador se enfría.
- d) Los accesorios del transformador, se ven sometidos a grandes esfuerzos mayores que limitan los márgenes de diseño y de aplicación. La combinación del flujo principal y el incremento del flujo de dispersión conducen a una posible sobreexcitación en el núcleo. (QIANQIAN, 2015 pág. 18)

## 2.2.2 Presencia de gases en el autotransformador

En el análisis de gases detectados en la cámara de un autotransformador nos permitirá saber si se puede presentar fallas eléctricas.

Siempre que se encuentren gases se deben analizar y evaluar para saber si el autotransformador puede fallar a futuro funcionamiento. (Leon, 1999 pág. 5)

### 2.2.2.1 Relé de buchholz

Las fallas generadas en un autotransformador también son presentadas por la generación de gases.

Ejemplo:

- Ruptura de aislamiento y producción de arcos contra el núcleo.
- Láminas cortocircuitadas.
- Exceso de calentamiento en los devanados.

El elemento de disparo será accionado en caso de fallas más severas como:

- Cortocircuitos de devanados.
- Cortocircuito de fases
- Fallas a tierra.
- Obturación de los aisladores pueden ocasionar arcos contra el tanque.

El relé Buchholz debe ser revisado dos veces al año para evitar posibles fallas en el autotransformador. (Leon, 1999 pág. 6)



Figura 1. Relé buchholz

Tomada (wikipedia, 2015 pág. 1)

### **2.2.2.2 Análisis físico-químico**

El análisis físico-químico en los aceites aislantes proporciona información valiosa para la detección del envejecimiento del papel aislante, formación de lodos, contenido de humedad y de distintas variables que podrían ocasionar un riesgo de falla. Es una parte indispensable de un programa de mantenimiento en todas las plantas industriales. (ISEP, 2018 pág. 1)

Pruebas realizadas a aceites dieléctricos:

- Índice de acidez.
- Factor de potencia a 90°C.
- Contenido de humedad.
- Rigidez dieléctrica.
- El color que tiene el aceite
- Tensión interfacial.

### **2.2.2.3 Análisis gases disueltos**

La cantidad de gases disueltos en el aceite de autotransformadores (u otro equipo eléctrico) es el principal indicador de anomalías eléctricas o térmicas del aparato y de sus accesorios. Por esta razón, el análisis de los gases disueltos (DGA – Dissolved Gas Analysis) es una de las principales medidas en la gestión de los diferentes equipos eléctricos con fluidos aislantes. (MARCONI, 2005 pág. 1)

### 2.2.3 Fuga de aceite en el autotransformador

Las fugas de aceite son ocasionadas por el desgaste que pueden presentar los empaque o el mal montaje; algunas tardan en descubrirse, en el cual deben verificarse cuidadosamente las válvulas y los empaques.



Figura 2:Fuga de aceite

Tomada (Siemens, 2009 pág. 1)

### 2.2.4 Enclavamientos eléctricos

#### 2.2.4.1 Niveles de Automatización

Los sistemas de control de una subestación eléctrica se dividen en 4 niveles de automatización. (Siemens, 2009 pág. 2)



Figura 3.Niveles de automatización

Tomada: (Siemens, 2009 pág. 2)

### a. Maniobras desde el Nivel 0

- Equipo: Interruptores y Seccionadores
- Ubicación: Gabinetes de patio
- Posición: Pasar el selector a LOCAL
- Maniobra: Para maniobrar los interruptores o seccionadores, oprimir el pulsador (CLOSE) para cerrar y (OPEN) para abrir Normalmente se asocian a los colores verde y rojo.

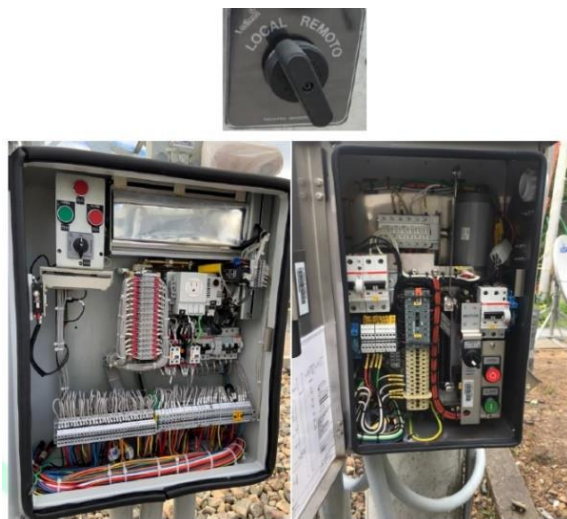


Figura 4.Mando Nivel 0

Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 5)

### b. Maniobras desde el Nivel 1

#### Subestación Convencional

- Equipo: Interruptores y seccionadores.
- Ubicación: Tablero de control, Sala de control

Maniobras:

- Apertura: Girar el selector perpendicular a la línea roja y oprimir para abrir.
- Cierre: Girar el selector en sentido de la línea roja y oprimir para cerrar.

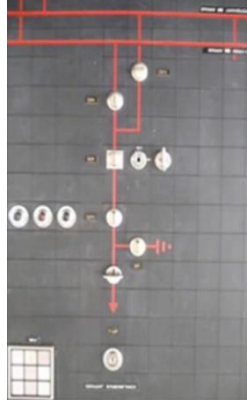


Figura 5.Mando Nivel de

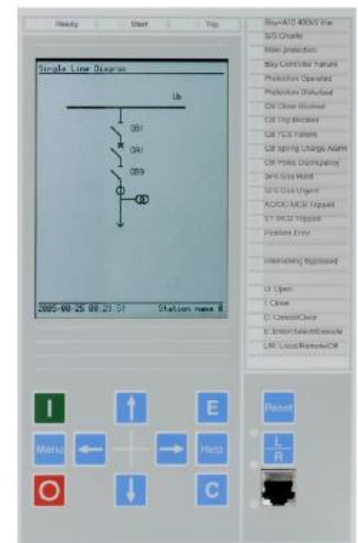
Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 6)

## Subestación con Tecnología Digital

- Equipo: Interruptores y seccionadores
- Ubicación: Tablero de control, Sala de control
- Posición: Pasar el selector a LOCAL

Maniobras:

- Colocar en el display el diagrama unifilar de la bahía



- Con la tecla elegir el equipo a maniobrar
- Confirmar la maniobra con la tecla ENTER



Figura 6.Mando del Controladores de bahía

Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 6)

### c. Maniobras desde el Nivel 2

El nivel 2 es la operación desde el HMI, donde se realizó las funciones de control, supervisión y adquisición de datos de toda la Subestación.



Figura 7.Interfaz Hombre Máquina

Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 8)

### d. Maniobras desde el Nivel 3

En una empresa y/o sus clientes es efectuada, en forma conjunta entre el Coordinador Eléctrico Nacional (COES en Perú) y las empresas de generación, transmisión y distribución.



Figura 8. Nivel de Automatización 3

Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 9)

## **i Enclavamientos de operación**

Los enclavamientos permiten bloquear las maniobras en equipos con el objetivo de garantizar el funcionamiento y evitar errores humanos.

Tipos:

- Mecánicos: Utiliza partes mecánicas en el nivel
- Eléctricos: Utiliza contactos eléctricos a nivel local y mando de
- Digitales: Utiliza lógica digital de los IED/RTU o máster del sistema.



## ii Enclavamientos de interruptores

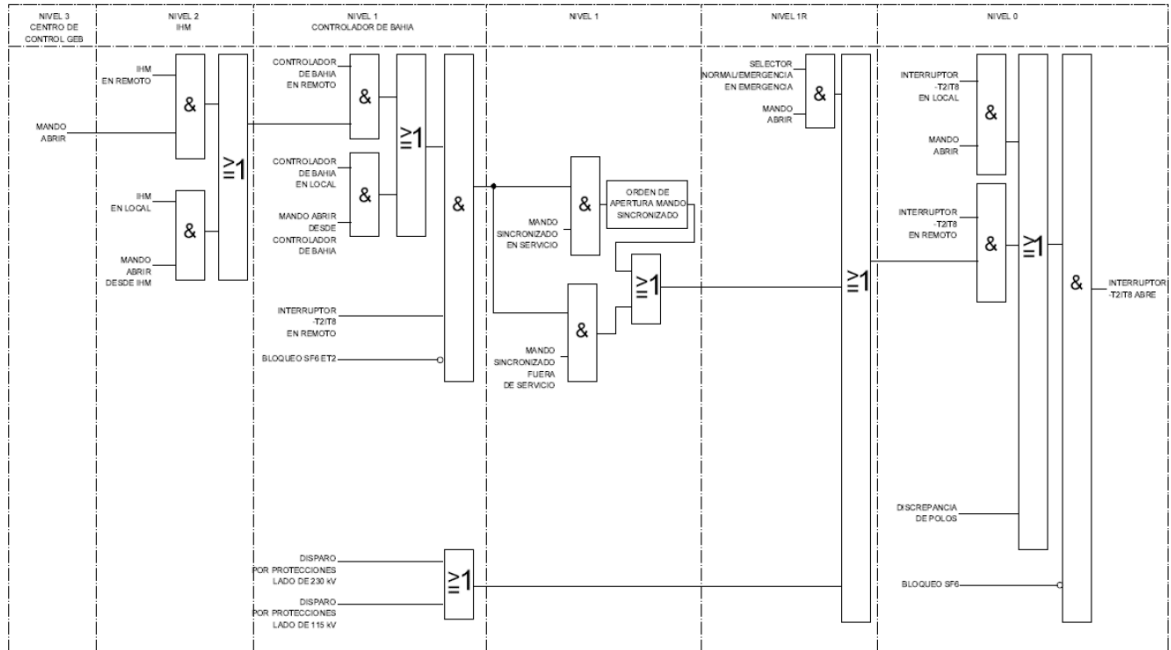


Figura 9. Lógica de enclavamiento del interruptor  
Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES, REDELCOM, 2019 pág. 10)

Los enclavamientos garantizan la correcta operación de los equipos de maniobra.

Condiciones

- Para realizar la apertura del interruptor es necesario que los seccionadores estén cerrados.
- Para realizar el cierre del interruptor es necesario que los seccionadores estén cerrados.

### iii Enclavamiento de seccionadores

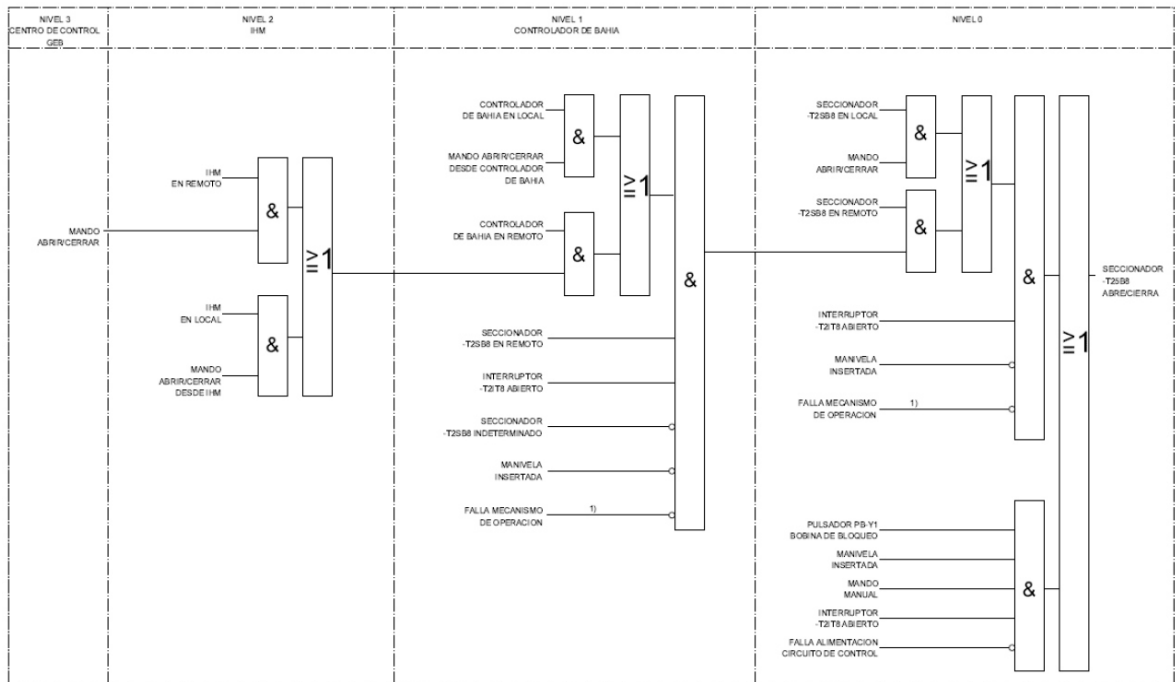


Figura 10. Enclavamiento de seccionadores

Tomada (AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM, 2019 pág. 11)

Los enclavamientos garantizan la correcta operación de los equipos de maniobra.

Condiciones

- Para realizar el cierre de un seccionador de tierra, es necesario que los seccionadores y el interruptor estén abiertos.
- Para realizar el cierre de un seccionador, es necesario que todos los es necesario que el interruptor este abierto y el seccionador de tierra abierto.

## 2.2.5 Confiabilidad

El mantenimiento preventivo ha permitido realizar mantenimientos rutinarios que permiten mantener los equipos en buenas condiciones operativas y mitigar las consecuencias de las fallas autotransformadores, y su evolución ha permitido que se ejecute cada vez de forma más eficiente y efectiva.



Figura 11. Mantenimiento en autotransformadores

Tomada de la empresa Transequipos (Elaborado por el Ing. César, 2019 pág. 1)

Un adecuado programa de mantenimiento aplicado a transformadores o autotransformadores eléctricos debe tener como objetivo el gestionar técnica, operativa y sosteniblemente su vida útil, (Elaborado por el Ing. César, 2019)

## 2.2.6 Requerimientos Generales de las Protecciones de Transformadores y Autotransformadores

Los autotransformadores deben contar con protecciones eléctricas y mecánicas para proteger el equipo.

### A Protecciones Intrínsecas o Propias

Las protecciones mecánicas son aquellas con las cuales los transformadores y autotransformadores vienen equipados. El disparo de estas protecciones deberá ejercerse sobre los interruptores del transformador, en todos sus niveles de tensión.

- a) Protección Buchholz: Tiene un nivel de alarma por la acumulación de gases por posibles fallas internas, y posee disparo por flujo violento de gases para fallas de desarrollo dentro de la cuba. (Coes, 2013 pág. 5)

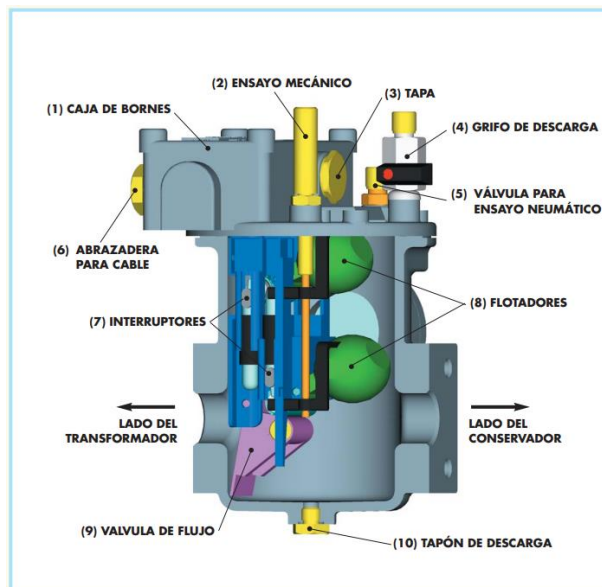


Figura 12. Partes del relé buchholz

Tomada (Promelsa, 2007 pág. 1)

- b) Protección de Sobrepresión: Se la utiliza para detectar fallas internas causadas por sobrepresión. (Coes, 2013)

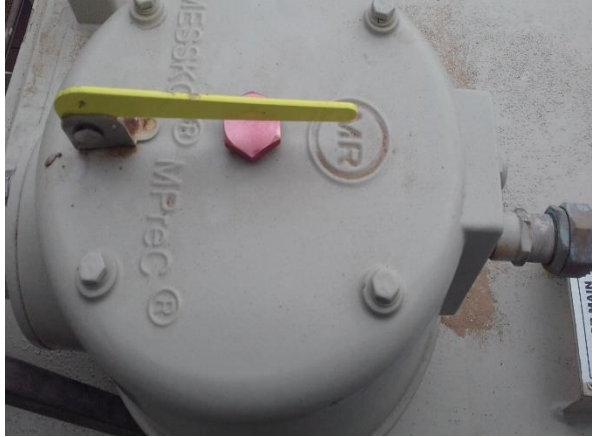


Figura 13. Protección de sobrepresión

Tomada (Protecciones propias de equipos inductivos, 2016 pág. 3)

- c) Imagen Térmica: Cuenta con alarma y con disparo, también puede incorporarse funciones, tales como el comando de ventiladores y de bombas de circulación forzada de fluido refrigerante. (Coes, 2013)



Figura 14. Indicador de imagen térmica

Tomada de (Protecciones propias de equipos inductivos, 2016 pág. 3)

d) Termómetro: Cuenta con 2 señales de indicación de temperatura y contactos de salida con nivel de operación predeterminado. Se tendrá como criterio su utilización a los efectos de alarma y/o comando del sistema de refrigeración, evitando habilitar la función de disparo sobre los interruptores, para evitar la sobreprotección. (Coes, 2013)

e) Nivel de Fluido Refrigerante: Este nivel permite controlar el nivel de aceite y tienes señal de alarma y disparo.

(Coes, 2013)

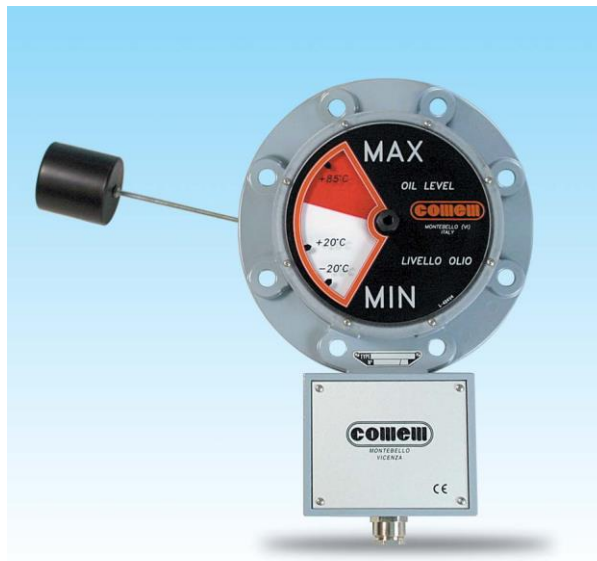


Figura 15. Nivel de aceite

Tomada de (Protecciones propias de equipos inductivos, 2016 pág. 4)

## B Protecciones Eléctricas

Las Protecciones Eléctricas son las que protegen externamente al autotransformador.

a) Protección Diferencial Total: Se aplica a un transformador para censar el cortocircuito entre fases o fase a tierra dentro del mismo en tiempo instantáneo. Cuenta con bloqueo o restricción de segundo y quinto armónico, para evitar las desconexiones ante transitorios de energización y sobreexcitación

respectivamente. También debe tener la opción de poder bloquear segundo armónico.

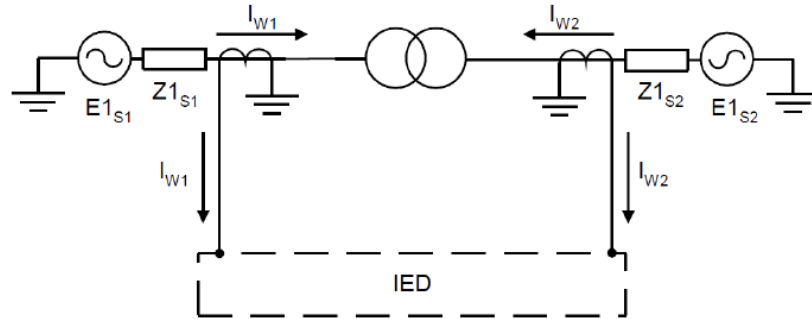


Figura 16. Filosofía de la protección diferencial

Tomada del (Coes, 2013 pág. 3)

b) Protección de Sobrecorriente es la protección más sensible que puede proteger un autotransformador y su actuación es de 0 ms, ya que esta protección permite mitigar fallas internas que pueden ocasionar los arrollamientos. (Coes, 2013)

## 2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

**COES:** Comité de operación económica del sistema, es una entidad privada, sin fines de lucro, “su finalidad es coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administra el mercado de corto plazo.” (Coes, 2013)

**OSINERGMIN:** Es el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, una institución pública encargada de regular y supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan. (Osinergmin, 2019)

**SEP:** Sistema eléctrico de potencia. (Coes, 2013)

**SEIN:** Sistema interconectado nacional. (Coes, 2013)

**PSEP:** Protección de sistemas eléctricos de potencia, la función principal de un sistema de protección es de detectar y aislar las fallas que ocurren en el sistema. (Coes, 2013)

**Función 50:** Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad. (ANSI/IEEE, 2005)

**Función 51:** Relé de sobreintensidad temporizado, es un relé con una característica de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona cuando la intensidad de un circuito sobrepasa el valor nominal. (ANSI/IEEE, 2005)

**Función 52:** Interruptor de corriente alterna. es el que se usa para cerrar e interrumpir un circuito de potencia, bajo condiciones normales, o para interrumpir este circuito bajo condiciones falla. (ANSI/IEEE, 2005)

**Función 63:** Relé de presión de gas, líquido o vacío, es el que funciona con un valor dado de presión del líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión. (ANSI/IEEE, 2005)



**Función 68:** Relé de bloqueo, es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche con una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia. (ANSI/IEEE, 2005)

**IEC:** Comisión electrotecnia internacional, (por sus siglas en ingles International Electrotechnical commission), “es una organización sin fines de lucro fundada en 1906, cuyo propósito es normalizar la amplia esfera de la electrotecnia, desde el área de potencia eléctrica hasta las áreas de electrónica, comunicaciones, conversiones de la energía nuclear y la transformación de la energía solar o eólica en energía eléctrica.” (ANSI/IEEE, 2005)

**ANSI:** American national standards institute, que significa instituto nacional estadounidense de estándares, “es una organización encargada de supervisar el desarrollo de normas para los servicios, productos, procesos y sistemas en los estados unidos.” (ANSI/IEEE, 2005)

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación presente tiene el método descriptivo, el cual permite estudiar la confiabilidad del sistema como se presenta en la realidad este método consiste en describir, analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y las variables de sobrecarga, presencia de gases, fuga de aceite en el autotransformador y la falta de enclavamientos que les caracterizan de manera tal como se dan en el presente.

#### **3.1.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación es del tipo aplicada.

La investigación está dirigida a plantear metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

### **3.1.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es nivel descriptivo, ya que consisten en especificar las propiedades o características de los fenómenos o hechos que se someten a un análisis sin que haya manipulación de variables de estudio en este caso las variables son: sobrecarga, presencia de gases, fuga de aceite en el autotransformador y la falta de enclavamientos.

### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es no experimental, ya que no se manipularán las variables de sobrecarga, presencia de gases, fuga de aceite en el autotransformador y la falta de enclavamientos, es un diseño descriptivo, ya que se realiza una encuesta para obtener datos en base a la experiencia obtenida de los profesionales del rubro eléctrico, posteriormente se plantearán metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas ante anomalías que mejoren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV en zona de selva Peruana.

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 POBLACIÓN**

La población está dada por todos los bancos de autotransformadores en zona de selva Peruana.

#### **3.3.2 MUESTRA**

La muestra es un Banco de autotransformadores de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9.

Se selecciono la muestra realizando un muestreo no probabilístico por conveniencia.

A continuación, se calcula el nivel confiabilidad para la obtención de la muestra por medio de la encuesta realizada 143 trabajadores del rubro eléctrico.

The image shows a web-based calculator titled "Calculadora de muestra". It features the following elements: a "Nivel de Confianza" section with radio buttons for "95%" (selected) and "99%"; a "Margen de Error:" input field containing "0,05"; a "Población:" input field containing "226"; two buttons, "Limpiar" (orange) and "Calcular Muestra" (blue); and a "Tamaño de Muestra:" output field containing "143".

Ecuación 1: Cálculo de nivel de confiabilidad

Tomada (questionpro pág. 1)

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

#### 3.4.1 INSTRUMENTOS

Se utilizará como instrumento las encuestas, ya que los resultados obtenidos son a partir de personas con experiencia en el ámbito eléctrico que se les realizará preguntas sobre las protecciones mecánicas y eléctricas, esto permitirá obtener la información necesaria para realizar esta investigación.

#### 3.4.2 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

Para el procesamiento de datos de la variable independiente y dependiente, se utilizará la técnica de encuesta donde la información del estudio se obtendrá a partir de conocimientos, actitudes o sugerencias de personas del rubro eléctrico.

#### 3.4.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con la ayuda del software Excel se aplica la estadística descriptiva para saber los valores medios y desviaciones estándar de las variaciones de los criterios evaluados sobre la protección mecánica y eléctrica en autotransformadores de 250 MVA.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 4.1.1 Interpretación de fallas en transformadores y Autotransformadores de la zona Selva Peruana

Se realizó una búsqueda de información en la página del COES para saber la cantidad de fallas que presentan al año los transformadores y autotransformadores en la zona selva del Perú de los años 2016,2017 y 2020 (Información en Anexo 3), también se recopiló información de la cantidad de fugas de aceite al año que presentan las subestaciones de la zona selva de la empresa Red de Energía del Perú S.A y Consorcio Transmantaro S.A en los años 2014,2015 y 2017, siendo estudiadas las subestaciones de Tingo María,Aucayacu,Tocache,Pucalpa,Aguytía y Suriray (Información en Anexo 4).

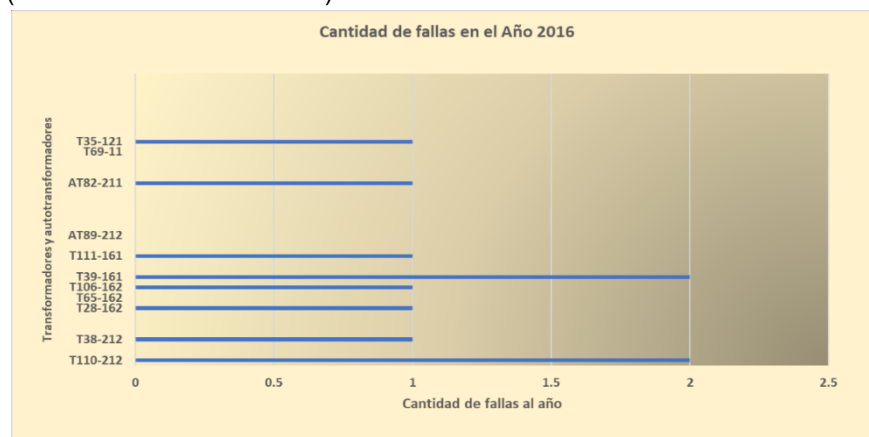


Ilustración 1: Cantidad de veces de falla en el año 2016

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 3

- ✓ Se observa que los transformadores con códigos T39-161(Subestación Pucalpa) y T110-212 (Subestación Aguaytía) tuvieron 2 fallas en el año 2016, en cambio los demás transformadores solo tuvieron 1 falla. En el Anexo 2 indica que luego de la puesta en servicio de un Transformador o Autotransformador en la zona selva la tolerancia de falla debe ser de 1 al año de acuerdo con lo indicado por osinergmin.

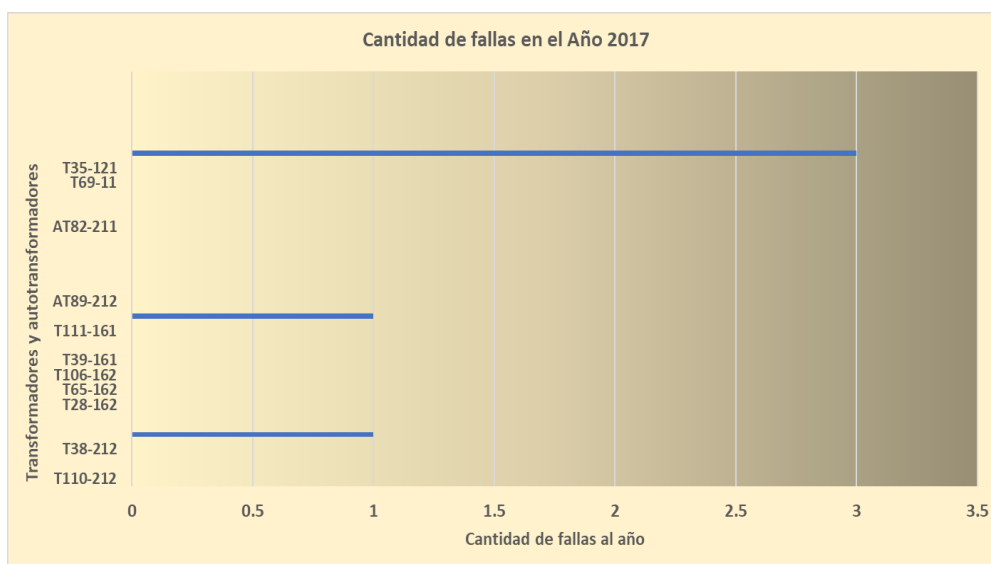


Ilustración 2: Cantidad de veces de falla en el año 2017

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 3

- ✓ Se observa que el transformador con código T35-121(Subestación Tocache) tuvo 4 fallas en el año 2016, en cambio el AT89-212 (Subestación Suriray) y T38-212 (Subestación Aguaytía) tuvieron 1 falla. En el Anexo 2 indica que luego de la puesta en servicio en la zona selva la tolerancia de falla debe ser de 1 al año de acuerdo con lo indicado por osinergmin.

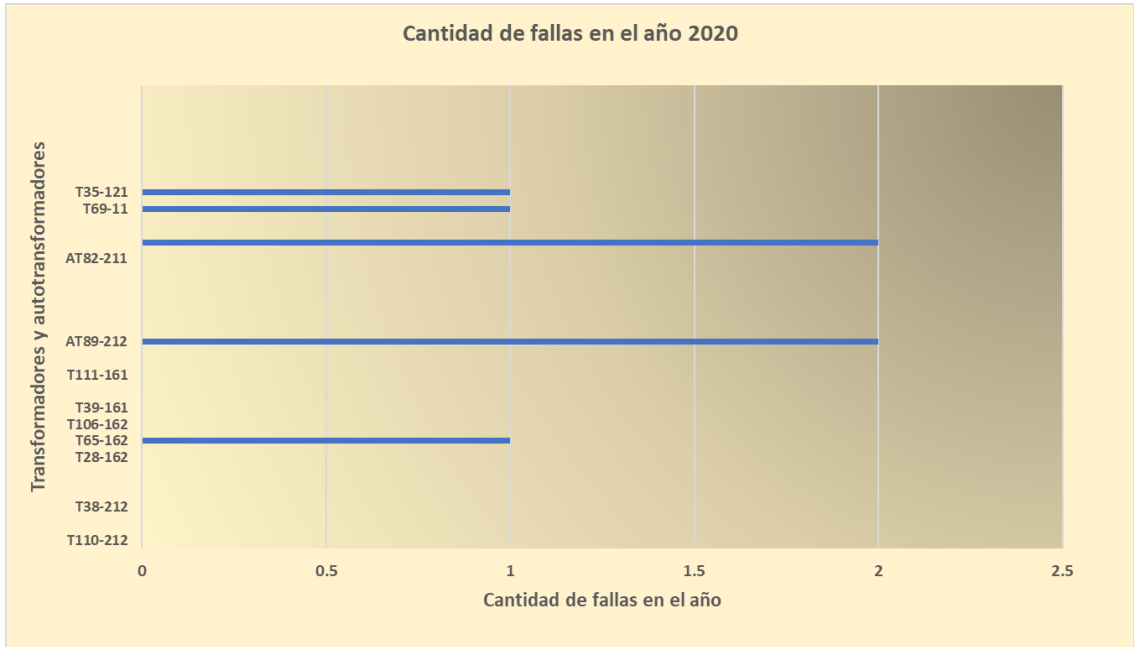


Ilustración 3: Cantidad de veces de falla en el año 2020

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 3

- ✓ Se observa que los autotransformadores con códigos AT82-211 (Subestación Tingo María) y AT89-212 (Subestación Suriray) tuvieron 2 fallas en el año 2020. En el Anexo 2 indica que luego de la puesta en servicio de un Transformador o Autotransformador en la zona selva la tolerancia de falla debe ser de 1 al año de acuerdo con lo indicado por osinergmin.

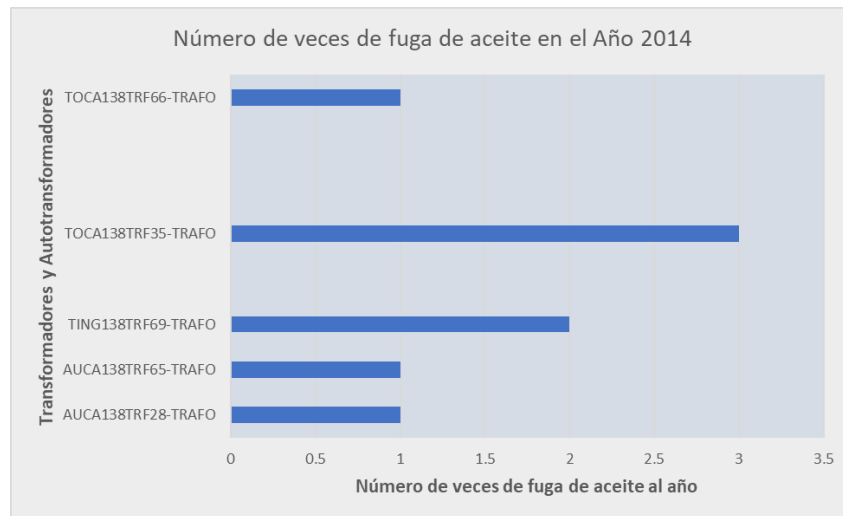


Ilustración 4: Cantidad de fugas en el año 2014

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 4

- ✓ Se observa que el transformador con código T35-121 (Subestación Tocache) tuvo 3 fugas de aceite en el 2014, en cambio el transformador T69-11 (Subestación Tingo María) tuvo 2 fugas en el año; es importante prevenir estas fugas para evitar fallas y estar dentro de las tolerancias de fallas como lo indica el Anexo 2.

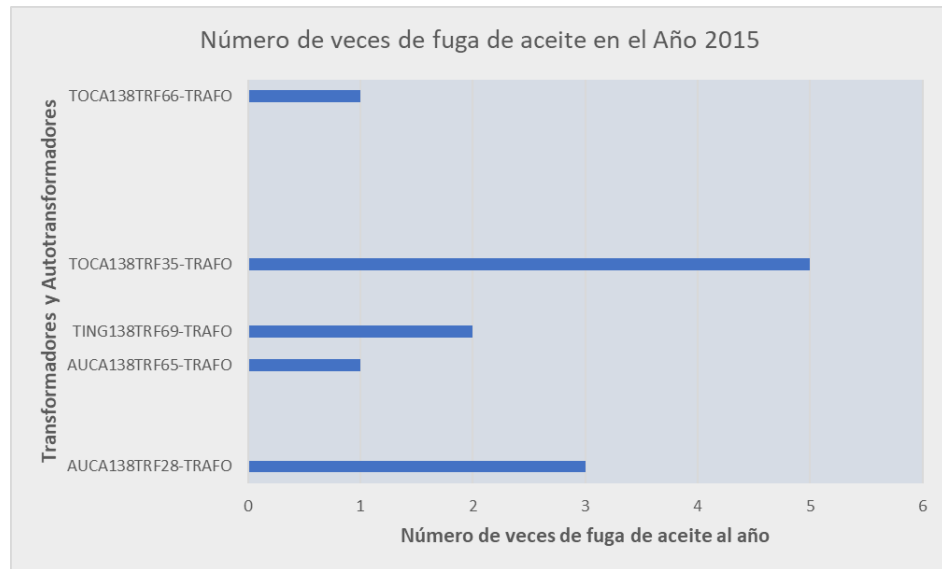


Ilustración 5: Cantidad de fugas en el año 2015

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 4

- ✓ Se observa que el transformador con código T35-121 (Subestación Tocache) tuvo 5 fugas de aceite en el 2015, mientras que el transformador T28-162 (Subestación Aucayacu) tuvo 3 fugas en el año y en el T69-11 (Subestación Tingo María) 2 fugas en el año; es importante prevenir estas fugas para evitar fallas y estar dentro de las tolerancias de fallas como lo indica el Anexo 2.





Ilustración 6:Cantidad de fugas en el año 2017

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 4

- ✓ Se observa que el autotransformador de la fase “R” del AT89-212 (Subestación Suriray) tuvo 4 fugas de aceite en el 2017, mientras que las fases “S” y “T” 2 fugas pero también se evidencia 3 fugas de aceite en el lado de reserva; es importante prevenir estas fugas para evitar fallas y estar dentro de las tolerancias de fallas como lo indica el Anexo 2.

Ubicac.técnica	Denominación	Fecha	Texto
TOCA138TRF35-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	09/06/2017	rele 63_no opera correc_ante sismo
AUCA138TRF28-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	22/10/2019	Reparacion Bolsa tanque expansión
TING138TRF69-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	16/04/2013	Posible ingreso de humedad
TOCA138TRF66-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	02/04/2014	Corregir alarma bajo nivel de aceite
TOCA138TRF66-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	12/02/2013	Ingreso de humedad
SURI220TRF89-AUTOT-R	Condición Relés Electromecánicos	27/12/2019	revisar hermeticidad de bolsa tanque con
SURI220TRF89-AUTOT-T	Condición Relés Electromecánicos	02/07/2020	Ingreso de humedad
SURI220TRF89-AUTOT-RES	Condición Relés Electromecánicos	07/10/2017	Fuga de aceite de relé buchholz

Tabla 2:Fallas de los relés mecánicos de los transformadores y autotransformadores

Fuente: Información en base a los datos del Anexo 4

- ✓ Se observa que las protecciones mecánicas de los autotransformadores y transformadores fallan por fugas de aceite e ingreso de humedad; es importante prevenir estas fallas para estar dentro de la tolerancia de fallas como lo indica el Anexo 2.

#### 4.1.2 Interpretación de los Resultados de la encuesta

Se realizó una encuesta a algunos colaboradores de los departamentos de transmisión centro, norte y sur de la empresa Red de Energía del Perú S.A en donde laboro actualmente para ver su punto de vista en base a su experiencia y conocimiento adquirido en Autotransformadores de Potencia, donde en total son 226 personas encuestados, pero tomando en cuenta el cálculo de nivel de confiabilidad de muestra del 95%, se tuvo como resultado realizar 143 encuestas entre ellas se evaluaron entre técnicos e ingenieros.

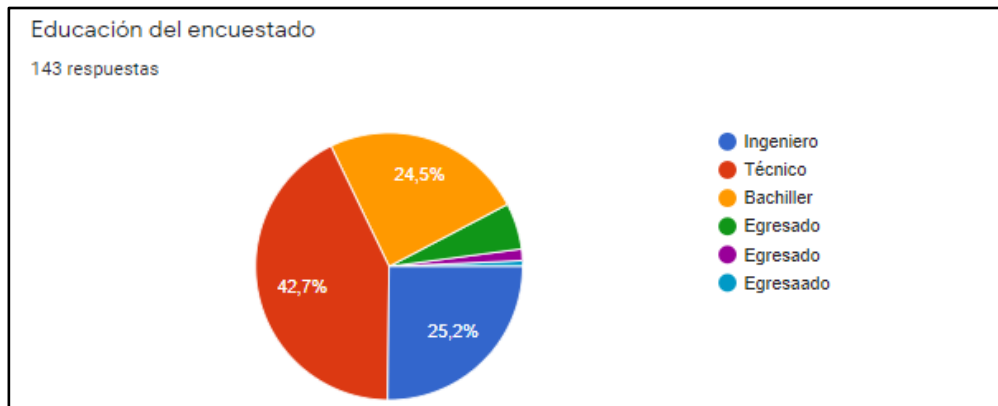


Ilustración 7: Grado académico de los encuestados

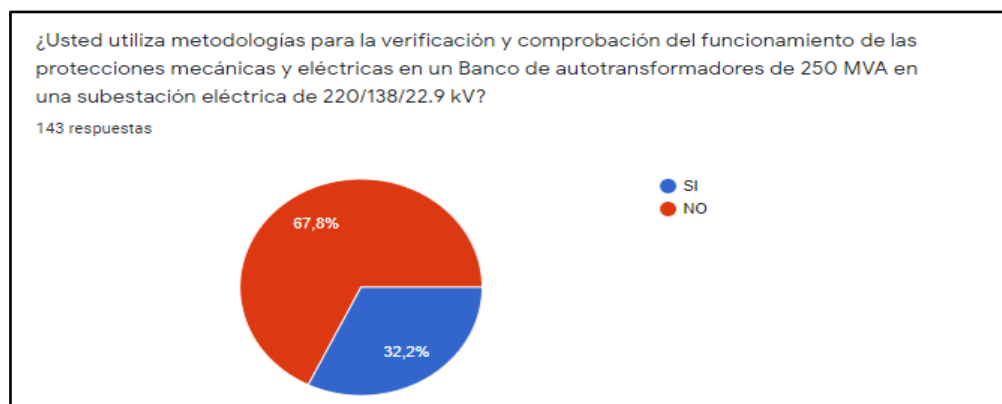


Ilustración 8: Porcentaje de encuestados que utilizan metodología para verificar las protecciones mecánicas y eléctricas en un Autotransformador.

#### 4.1.1.1 Análisis de encuestados que utilizan metodologías

Mediante las encuestas se tuvieron resultados como lo muestran las siguientes gráficas:

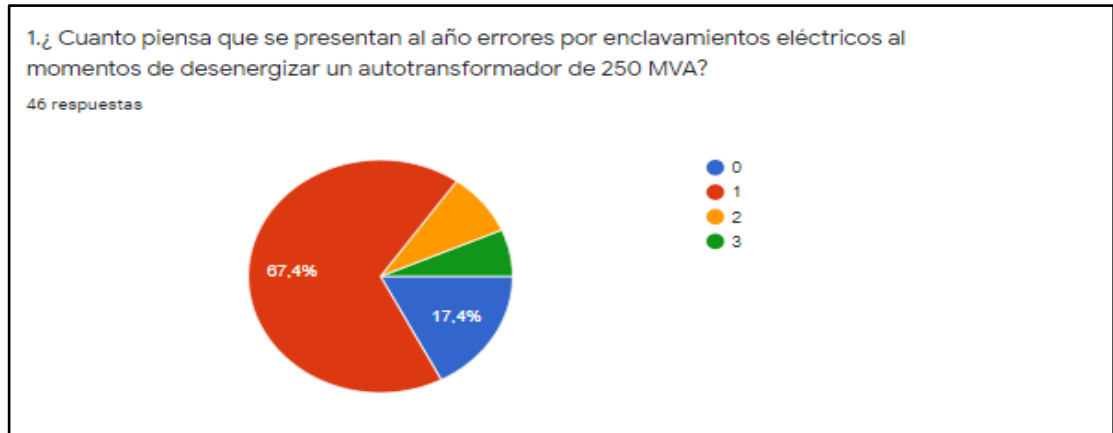


Ilustración 9: Porcentaje de errores por enclavamientos eléctricos al desenergizar un autotransformador

- ✓ Se observa que el 67.4% de los encuestados consideran que podría suceder una falla por errores de enclavamientos eléctricos al año por utilizar metodologías, en cambio el 17.4% indica que pueden ocurrir 0 fallas en el año, entonces cumpliría la tolerancia de 1 falla al año como se indica en el Anexo 2.

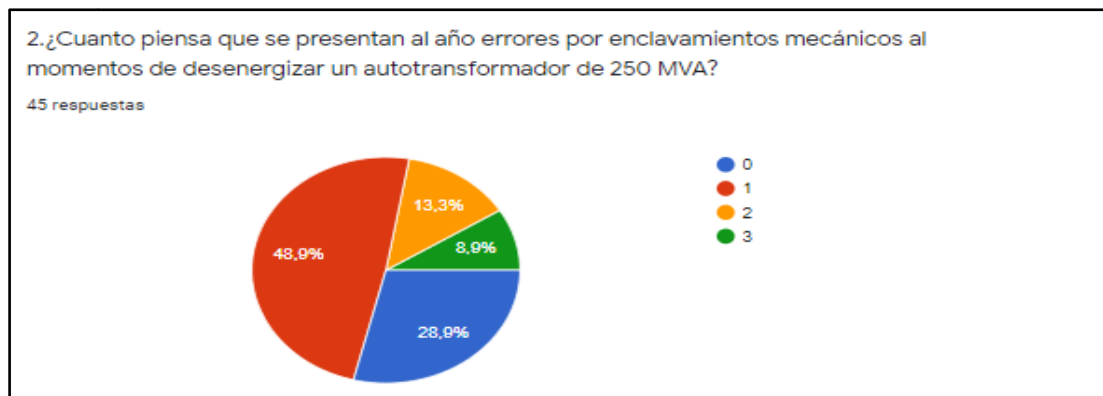


Ilustración 10: Porcentaje de error por enclavamientos mecánicos

- ✓ Se observa que el 48.9 % de los encuestados consideran que podría suceder una falla por errores de enclavamientos mecánicos al año por utilizar metodologías, en cambio el 28.9% indica que pueden ocurrir 0 fallas en el año, el 13.3% 2 fallas al año y el 8.9% considera que puede ocurrir 3 fallas en el año.

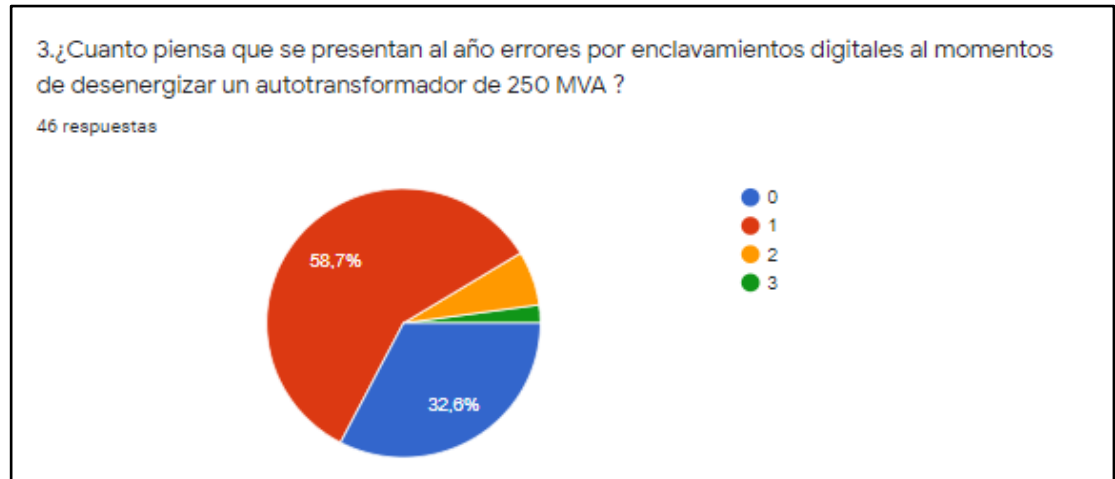


Ilustración 11: Porcentaje de errores al año que se presentan por enclavamientos digitales según los encuestados

- ✓ Se observa que el 58.7 % de los encuestados consideran que podría suceder una falla por errores de enclavamientos digitales al año por utilizar metodologías, en cambio el 32.6% indica que pueden ocurrir 0 fallas en el año.



Ilustración 12: Porcentaje de fallas que pueden ocurrir en el relé buchholz al año

- ✓ Se observa que el 60% de los encuestados consideran que ocurría 1 falla al año por relé bucholz al utilizar metodología, en cambio el 11.1% considera 2 fallas y el 22.2% 0 fallas al año.



Ilustración 13:Porcentaje de cantidad de fugas de aceite en un relé buchholz

- ✓ Se observa que el 55.6% de los encuestados consideran que ocurría 1 falla de fuga de aceite en un relé buchholz al utilizar metodologías, en cambio el 22.2% considera 0 fallas al año y el 20% piensa que pueden suceder 2 fallas anualmente.



Ilustración 14:Porcentaje de fallas por relé de sobrepresión

- ✓ Se observa que el 50% de los encuestados indican que puede ocurrir 1 falla anualmente por relé de sobrepresión al utilizar metodologías, en cambio el 30.4% 0 fallas al año y el 15.2% 2 fallas anualmente.



Ilustración 15:Porcentaje de fallas por relé de flujo

- ✓ Se observa que el 52.2% de los encuestados consideran que puede ocurrir 1 falla en el año por relé de flujo al utilizar metodologías, en cambio el 32.6% 0 fallas y el 13% 2 fallas en el año.



Ilustración 16:Porcentaje de veces por fuga de aceite de un relé de flujo

- ✓ Se observa que el 52.2% de los encuestados indican que al utilizar metodología puede presentarse 1 fuga de aceite en relé de flujo, en cambio el 34.8% considera que no se produce fuga de aceite en el año.

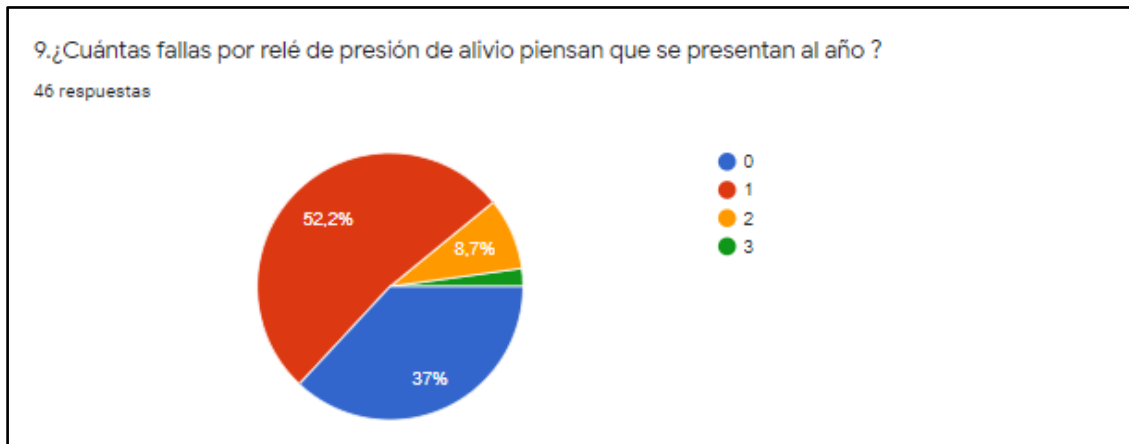


Ilustración 17: Porcentaje de fallas de un relé de presión de alivio

- ✓ Se observa que el 52.2% de los encuestados consideran que utilizando metodologías pueden presentarse 1 falla por relé de presión de alivio en el año, en cambio el 23.9% considera 0 fallas y el 17.4 % indica 2 fallas en el año.

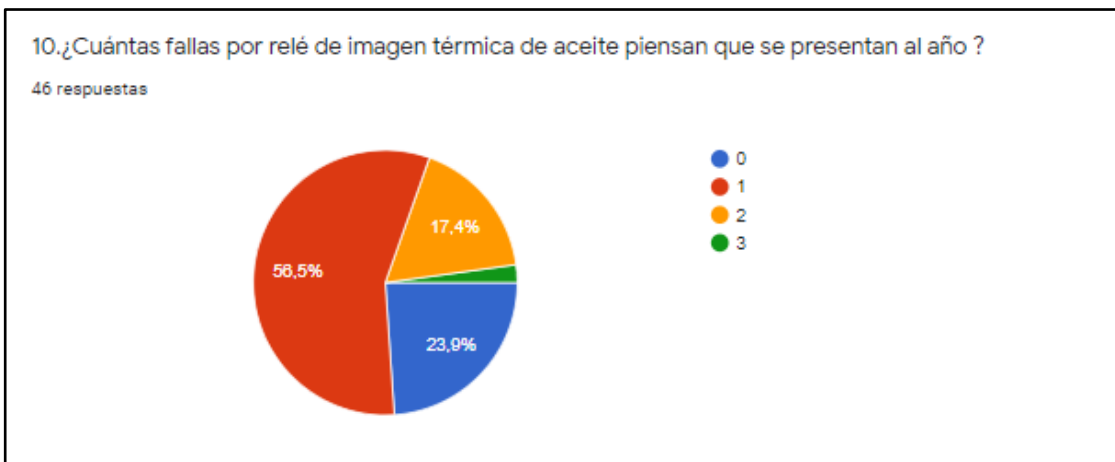


Ilustración 18: Porcentaje de fallas relé de imagen térmica de aceite

- ✓ Se observa que el 56.5% de los encuestados indican que utilizando metodología podría ocurrir 1 falla por relé de imagen térmica del aceite en el año, en cambio el 23.9% indica 0 fallas y el 17.4% considera 2 fallas en el año.

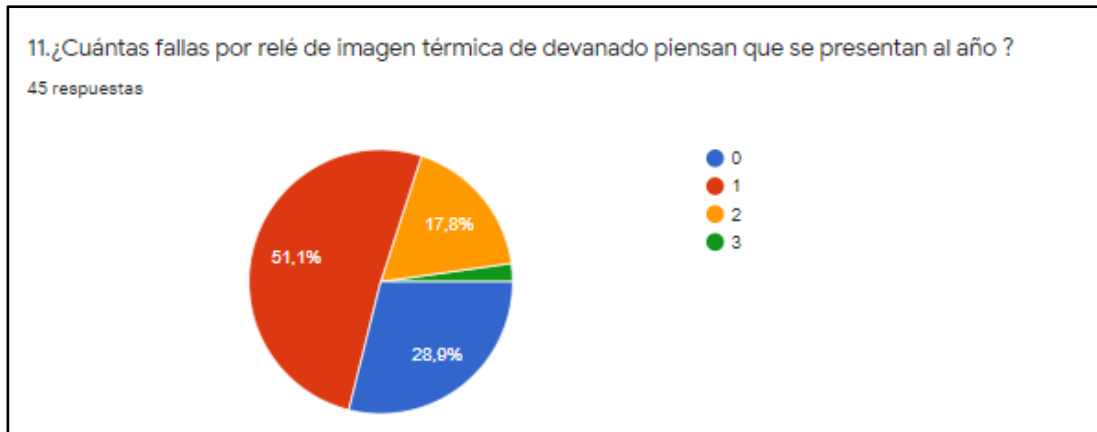


Ilustración 19: Porcentaje de fallas por relé imagen térmica de devanado

- ✓ Se observa que el 51.1% de los encuestados indican que utilizando metodología puede ocurrir 1 falla por relé de imagen térmica de devanado, en cambio el 28.9% considera 0 fallas y el 17.8 % señala 2 fallas en el año.



Ilustración 20: Porcentaje de cantidad de sobrecarga que puede presentarse en autotransformador de 250 MVA

- ✓ Se observa que el 58.7% de los encuestados indican que utilizando metodología puede ocurrir 1 sobrecarga al año, en cambio el 28.3% señala 0 sobrecargas en el año.





Ilustración 21: Porcentaje de cantidad de gases que puede presentarse en autotransformador

- ✓ Se observa que el 60.9% de los encuestados indica que utilizando metodología puede presentarse gases 1 vez año en el autotransformador, en cambio el 23.9% señala 0 fallas y el 13% considera 2 fallas en el año.



Ilustración 22: Porcentaje de fugas de aceite que se presentan en un autotransformador

- ✓ Se observa que el 60.9% de los encuestados indican que utilizando metodologías pueden presentarse 1 fuga de aceite en el autotransformador en el año, en cambio el 23.9% considera 0 fallas y el 13% señala 2 fallas en el año.



Ilustración 23: Porcentaje que no actúa la función diferencial (87)

- ✓ Se observa que el 54.3% de los encuestados indican que utilizando metodología se puede presentar una mala actuación de la función diferencial (87) en el año, en cambio el 30.4% considera 0 fallas y el 13% señala 2 malas actuaciones en el año.

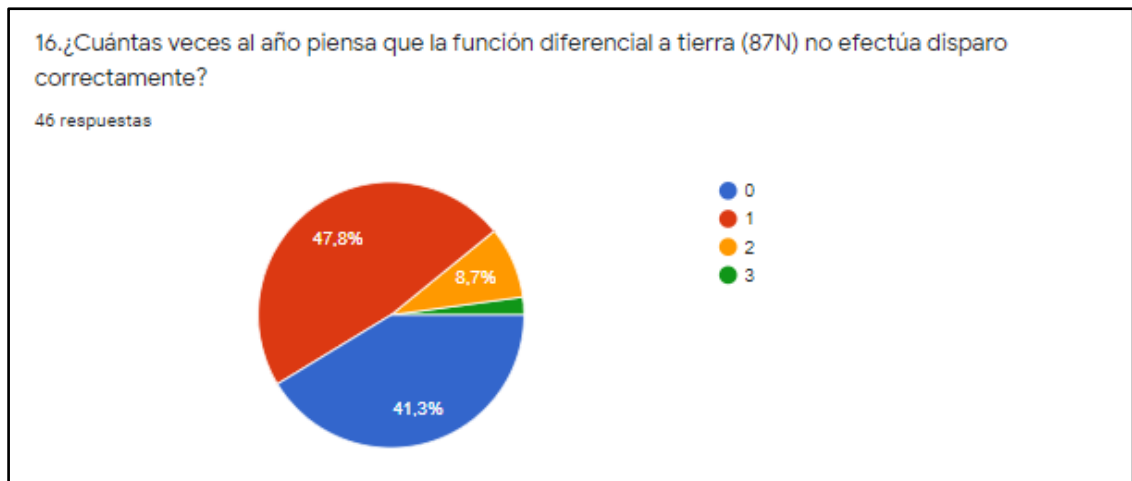


Ilustración 24: Porcentaje que el diferencial de tierra (87N) no actúa

- ✓ Se observa que el 47.8% indica que utilizando metodología puede ocurrir 1 mala actuación de la función diferencial a tierra (87N) en el año, en cambio el 41.3% señala 0 fallas y el 8.7% considera 2 malas actuaciones en el año.

17.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo (50) no efectúa disparo correctamente?

46 respuestas

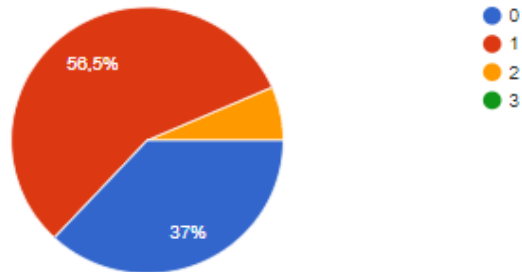


Ilustración 25:Porcentaje de la cantidad de veces que no actúa la función sobrecorriente instantáneo (50)

- ✓ Se observa que el 56.5% de los encuestados indica que utilizando metodología puede ocurrir 1 mala actuación de la función sobrecorriente instantáneo (50) en el año, en cambio 37% señala 2 malas actuaciones de la función durante el año.

18.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no efectúa disparo correctamente?

45 respuestas

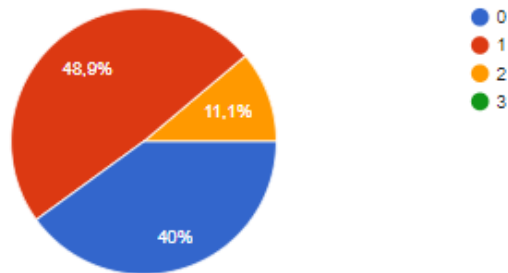


Ilustración 26:Porcentaje de veces que no actúa la función de sobrecorriente instantáneo a tierra (50 N)

- ✓ Se observa que el 48.9% de los encuestados indica que utilizando metodología puede ocurrir 1 mala actuación de la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) en el año, mientras que 40% considera 0 malas actuaciones y el 11.1% señala 2 malas actuaciones de la función durante un año.

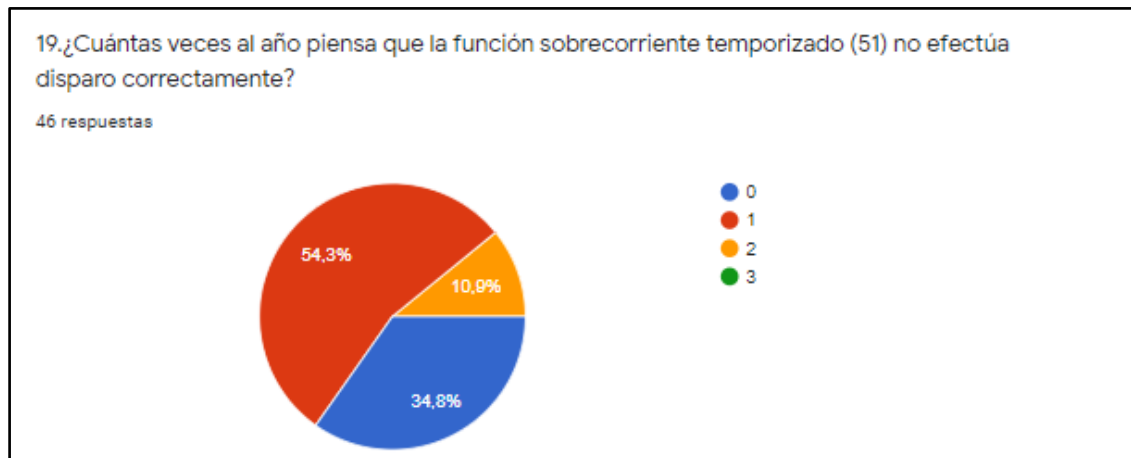


Ilustración 27: Porcentaje que no actúa la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N)

- ✓ Se observa que el 54.3% de los encuestados indica que utilizando metodología puede ocurrir 1 mala actuación de la función sobrecorriente temporizado (51) en el año, en cambio el 34.8% considera 0 malas actuaciones y el 10.9% señala 2 malas actuaciones en el año.

20. ¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) no efectúa disparo correctamente?

46 respuestas

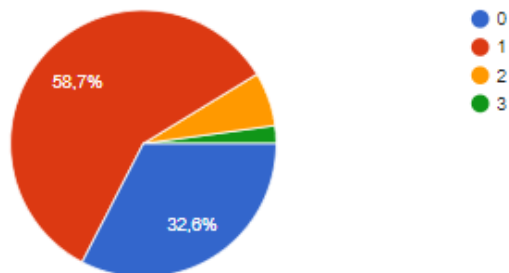


Ilustración 28: Porcentaje que no actúa la función de sobrecorriente temporizado (51)

- ✓ Se observa que el 58.7% de los encuestados indican que utilizando metodologías pueden presentarse una mala actuación por la función de sobrecorriente temporizado a tierra (51N) en el año, en cambio el 32.6% considera que no habría mala actuación.

21. ¿Cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA) aun autotransformador de 250 MVA?

46 respuestas

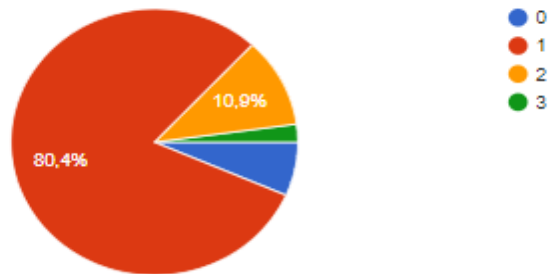


Ilustración 29: Porcentaje de veces que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA)

- ✓ Se observa que el 80.4% de los encuestados indica que utilizando metodología se debe realizar el análisis de gases disueltos(DGA) 1 vez al año, en cambio el 10.9% señala que debe hacerse 2 veces al año.

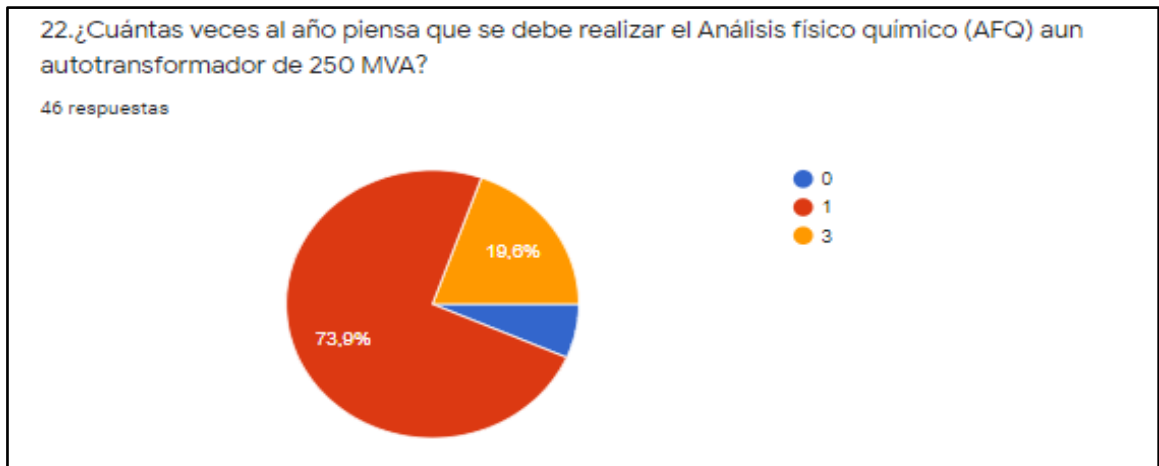


Ilustración 30: Porcentaje de veces para realizar Análisis físico químico (AFQ)

- ✓ Se observa que el 73.9% de los encuestados indica que utilizando metodología se debe realizar el análisis físico químico (AFQ) 1 vez al año, en cambio el 19.6% señala que debe hacerse 2 veces al año.

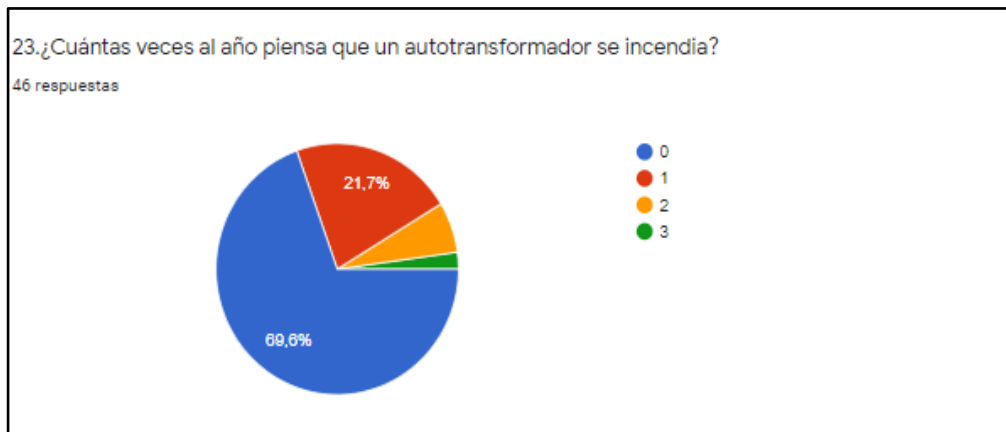


Ilustración 31: Porcentaje de veces al año que un autotransformador se incendia

- ✓ Se observa que el 69.6% de los encuestados indican que utilizando metodología no debe incendiarse el autotransformador en el año en cambio el 21.7% señala que puede presentarse 1 vez en el año.

Ahora se realizará la tabulación de los resultados obtenidos a partir de las encuestas:

Tabla 3.Evaluación de personas que usan metodologías

FACTORES EVALUADOS	MODA
1. ¿Cuánto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos eléctricos al momento de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?	1
2. ¿Cuánto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos mecánicos al momento de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?	1
3. ¿Cuánto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos digitales al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA ?	1
4. ¿Cuántas fallas por relé buchholz piensa que se presentan al año ?	1
5. ¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé buchholz?	1
6. ¿Cuántas fallas por relé de sobrepresión piensan que se presentan al año ?	1
7. ¿Cuántas fallas por relé de flujo piensan que se presentan al año?	1
8. ¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé de flujo?	1
9. ¿Cuántas fallas por relé de presión de alivio piensan que se presentan al año?	1
10. ¿Cuántas fallas por relé de imagen térmica de aceite piensan que se presentan al año ?	1
11. ¿Cuántas fallas por relé de imagen térmica de devanado piensan que se presentan al año ?	1
13. ¿Cuántas veces al año piensa que se presentan gases en el autotransformador de potencia de 250 MVA?	1
14. ¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fugas de aceite en un autotransformador de potencia en 250 MVA?	1
15. ¿Cuántas veces al año piensa que la función diferencial (87) no efectúa disparo correctamente?	1
16. ¿Cuántas veces al año piensa que la función diferencial a tierra (87N) no efectúa disparo correctamente?	1

17. ¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo (50) no efectúa disparo correctamente?	1
18. ¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no efectúa disparo correctamente?	1
19. ¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado (51) no efectúa disparo correctamente?	1
20. ¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) no efectúa disparo correctamente?	1
21. ¿Cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA) aun autotransformador de 250 MVA?	1
22. ¿Cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis físico químico (AFQ) aun autotransformador de 250 MVA?	1
23. ¿Cuántas veces al año piensa que un autotransformador se incendia?	0

Nota: Elaboración propia

- ✓ Los encuestados indican que utilizando metodología se puede presentar 1 falla al año por protecciones mecánicas, eléctricas, enclavamientos mecánicos y fugas de aceite, también se muestra en la ilustración 3 que los autotransformadores con códigos AT82-211(Subestación Tingo María), AT89-212 (Subestación Suriray) tuvieron 2 fallas en el año 2020 y en la ilustración 6 menciona que el autotransformador de la fase “R” del AT89-212 (Subestación Suriray) tuvo 4 fugas de aceite el 2017, en cambio las fases “S” y “T” tuvieron 2 fugas de aceite pero también se evidencia 3 fugas en el lado de reserva. En el Anexo 2 indica que luego de la puesta en servicio en la zona selva la tolerancia de falla debe ser de 1. Por ende, se plantea metodologías para evitar fallas en los equipamientos de los autotransformadores.



#### 4.1.1.2 Análisis de encuestados que no usan metodología

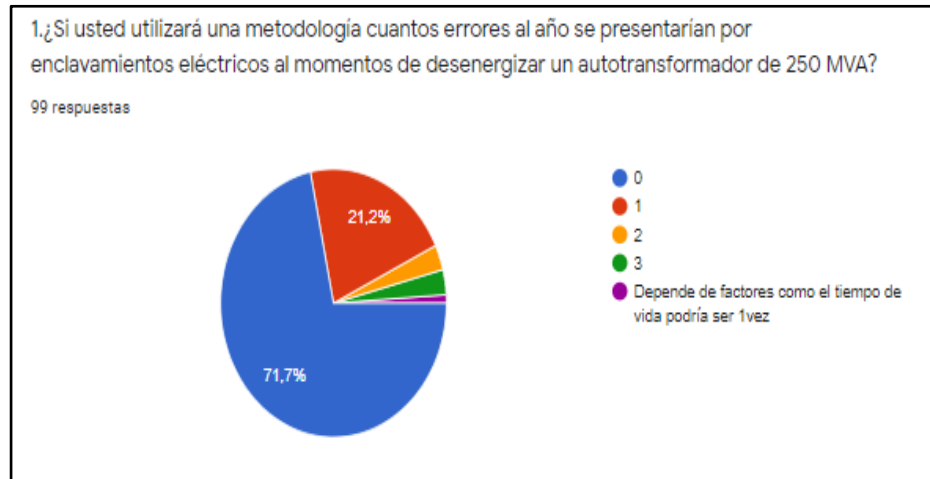


Ilustración 32:Porcentaje de errores al año por enclavamientos eléctricos usando metodología

- ✓ El 71.7% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar los errores por enclavamientos eléctricos al momento de desenergizar un autotransformador sería de 0 fallas al año, en cambio el 21.2% señal que sería 1 falla en el año.

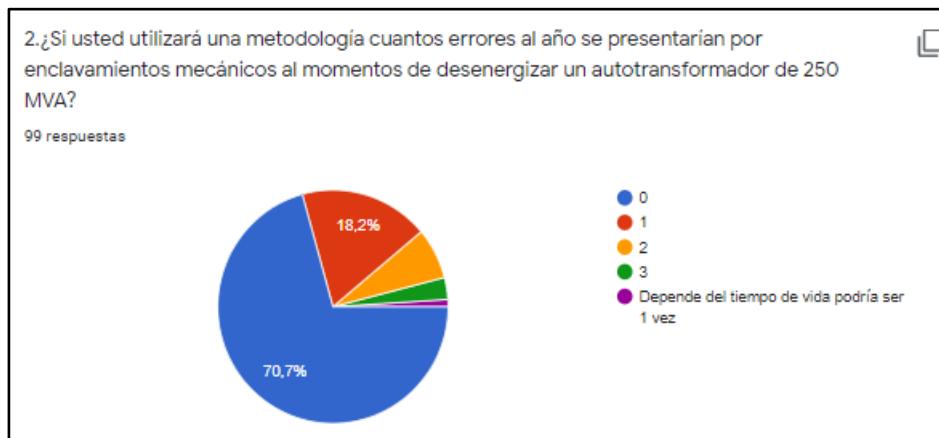


Ilustración 33:Porcentaje de errores al año se presentan en los enclavamientos mecánicos usando metodología

- ✓ El 70.7% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar los errores por enclavamientos mecánicos al momento de desenergizar un autotransformador sería 0 fallas al año, en cambio el 18.2% señala 1 vez al año.

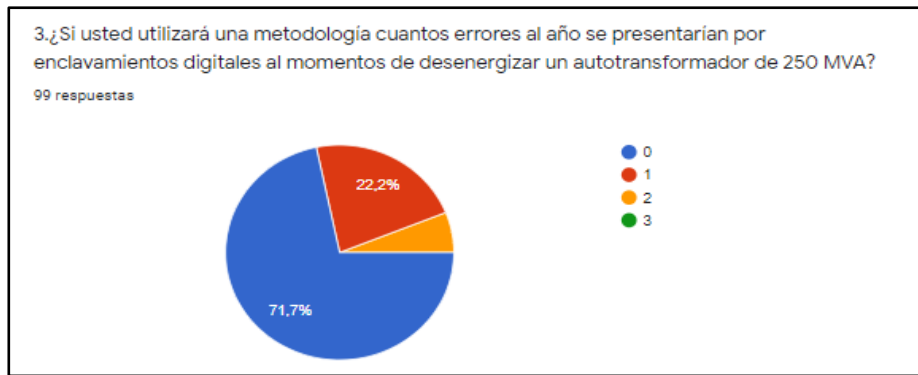


Ilustración 34: Porcentaje de errores al año se presentan por enclavamientos digitales utilizando metodología

- ✓ El 71.7% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar los errores por enclavamientos digitales al momento de desenergizar un autotransformador sería 0 fallas al año, en cambio el 22.2 % señala 1 vez al año.

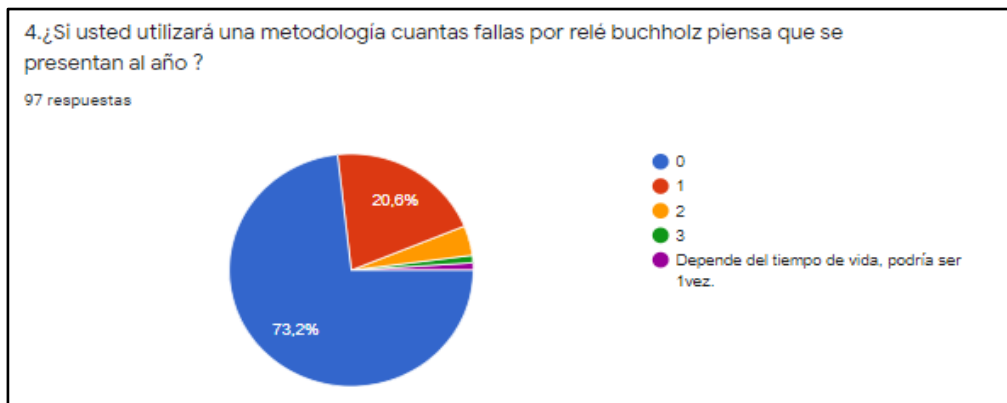


Ilustración 35: Porcentaje de fallas por relé buchholz usando metodología

- ✓ El 73.2% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé buchholz sería 0 fallas al año, en cambio el 20.6 % señala 1 vez al año.

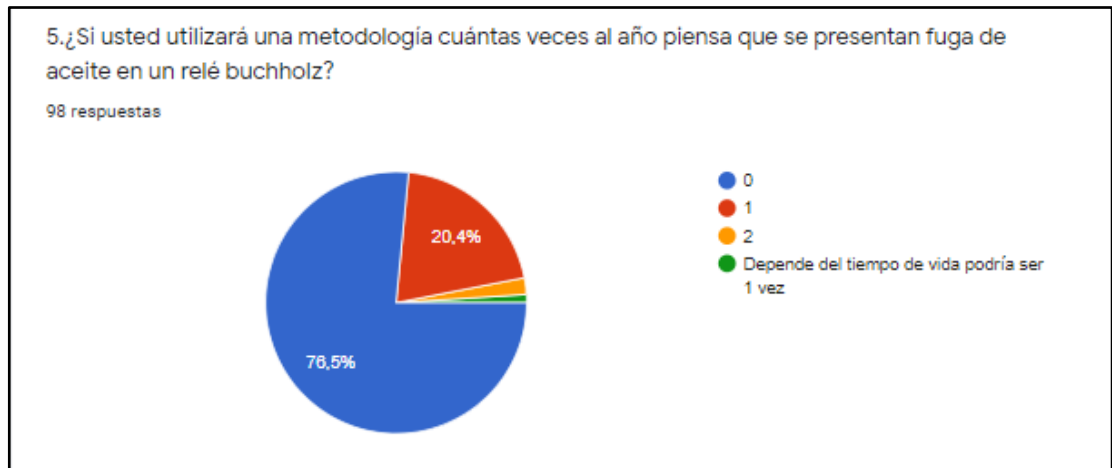


Ilustración 36: Porcentaje de cantidad de veces al año se presentan fugas de aceite en un relé buchholz usando metodología

- ✓ El 76.5 % de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por fuga de aceite en el relé buchholz sería 0 fallas al año, en cambio el 20.4 % señala 1 vez al año.



Ilustración 37: Porcentaje de fallas en un relé de sobrepresión usando metodología

- ✓ El 67.7% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé de sobrepresión sería 0 fallas al año, en cambio el 20.2 % considera 1 vez y el 12.1% señala 2 veces al año.

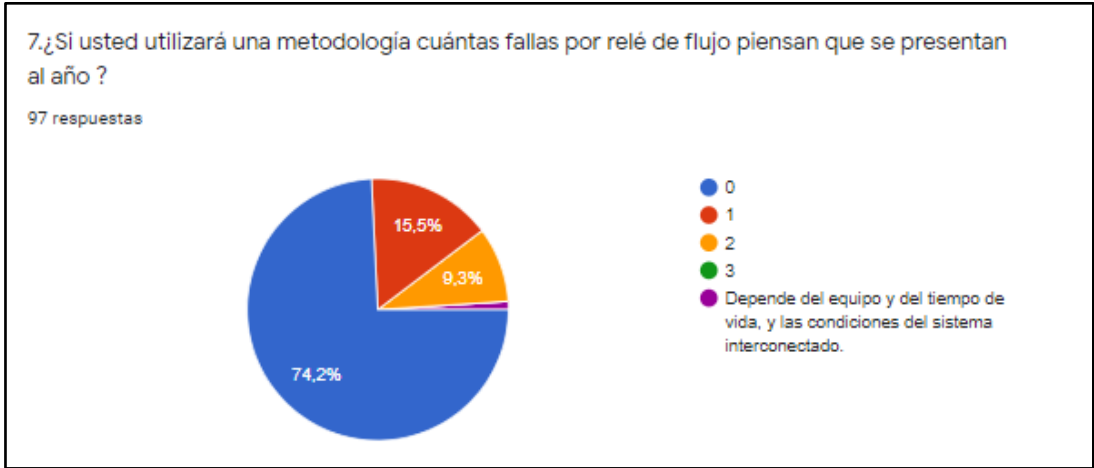


Ilustración 38: Porcentaje de fallas de un relé de flujo usando metodologías

- ✓ El 74.2% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé de flujo sería 0 fallas al año, en cambio el 15.5 % considera 1 vez y el 9.3% señala 2 veces en el año.



Ilustración 39: Porcentaje de fuga de aceite en un relé de flujo usando metodología

- ✓ El 74.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por fuga de aceite en el relé de flujo sería 0 fallas al año, en cambio el 19.4 % señala 1 vez al año.

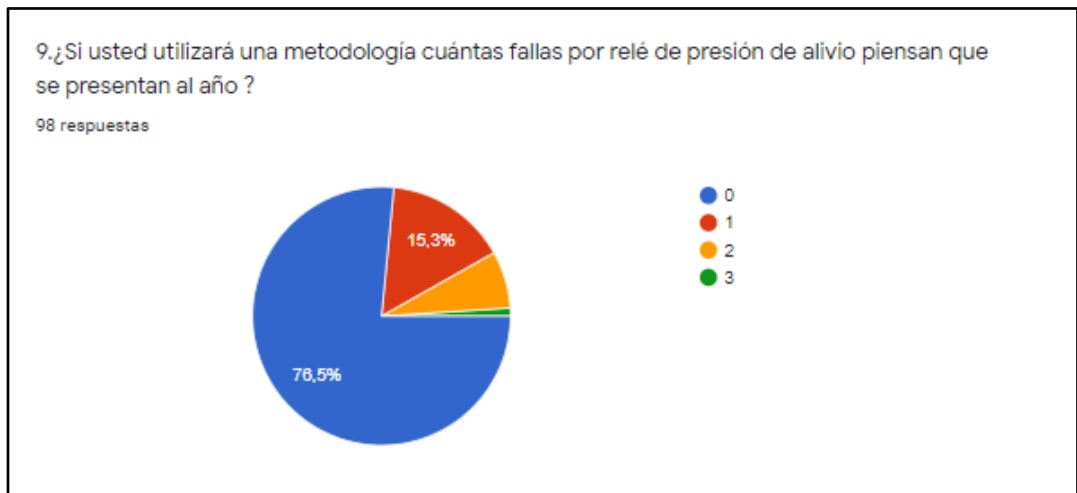


Ilustración 40: Porcentaje de fallas por relé de presión de alivio usando metodología

- ✓ El 76.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé de presión sería 0 fallas al año, en cambio el 15.3% señala 1 vez al año.



Ilustración 41: Porcentaje de fallas por relé de imagen térmica de aceite usando metodología

- ✓ El 74.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé imagen térmica de aceite sería 0 fallas al año, en cambio el 17.3 % señala 1 vez al año.



Ilustración 42: Porcentaje de veces al año que se sobrecarga un autotransformador 250 MVA

- ✓ El 72.2% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fallas por el relé imagen térmica de devanado sería 0 fallas al año, en cambio el 19.6 % considera 1 vez y el 8.2% señala 2 veces al año.

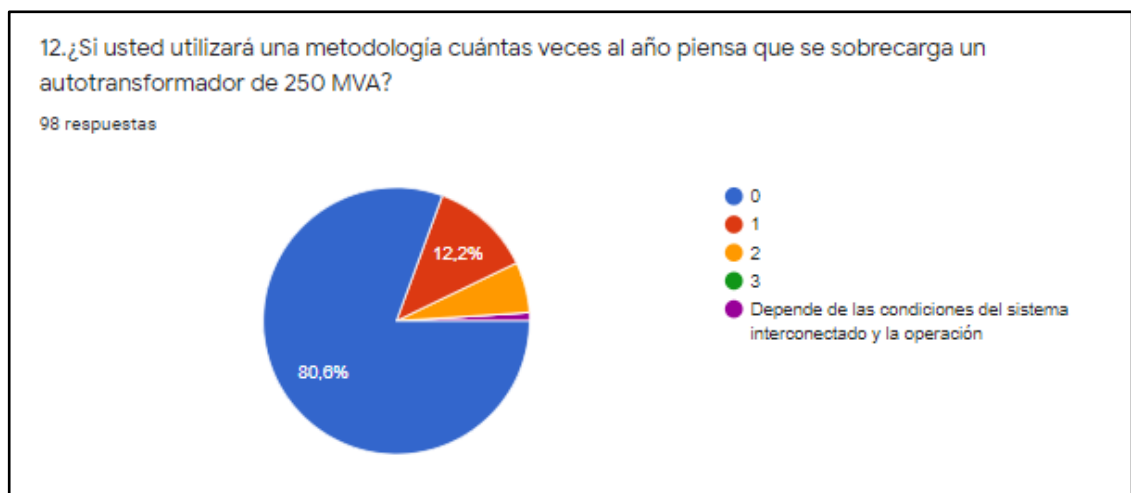


Ilustración 43: Porcentaje de fallas por relé de imagen térmica de devanado usando metodología

- ✓ El 80.6% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar sobrecargar el autotransformador sería 0 al año, en cambio el 12.2% señala 1 vez al año.

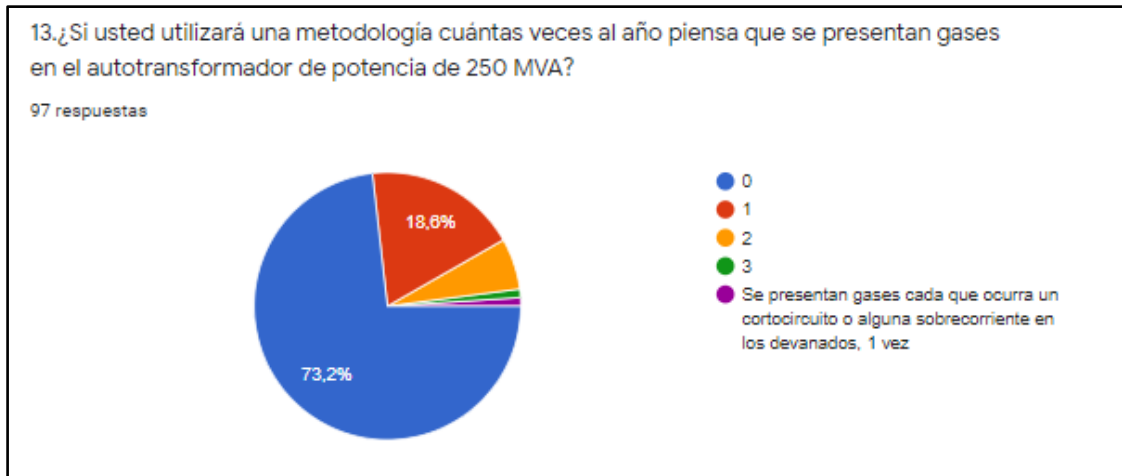


Ilustración 44: Porcentaje de veces al año que se presentan gases en un autotransformador usando metodologías

- ✓ El 73.2% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar que se presenten fugas de gases sería 0 al año, en cambio el 18.6% señala 1 vez al año.

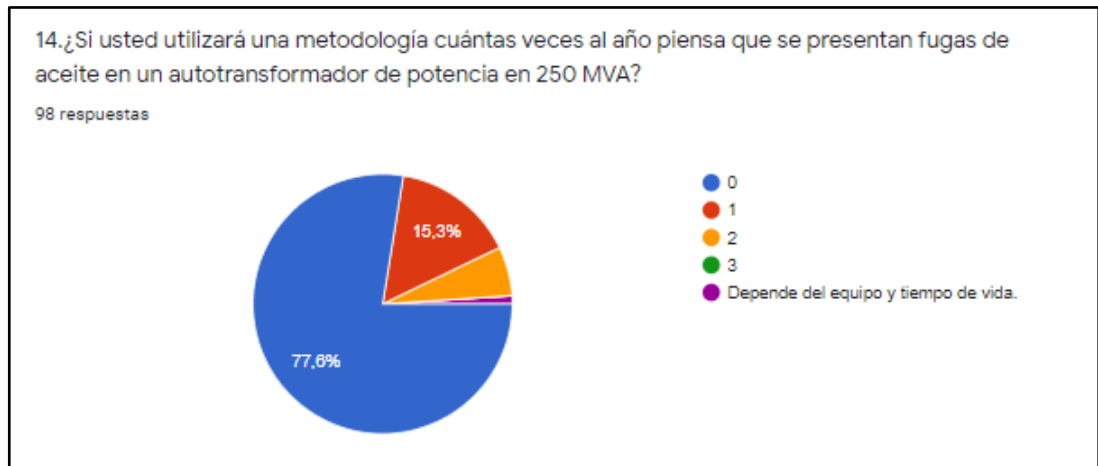


Ilustración 45: Porcentaje de veces al año que se presentan fugas de aceite en un autotransformador

- ✓ El 77.6% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar fugas de aceite sería 0 veces de presencia de fuga al año, en cambio el 15.3 % señala 1 vez al año.

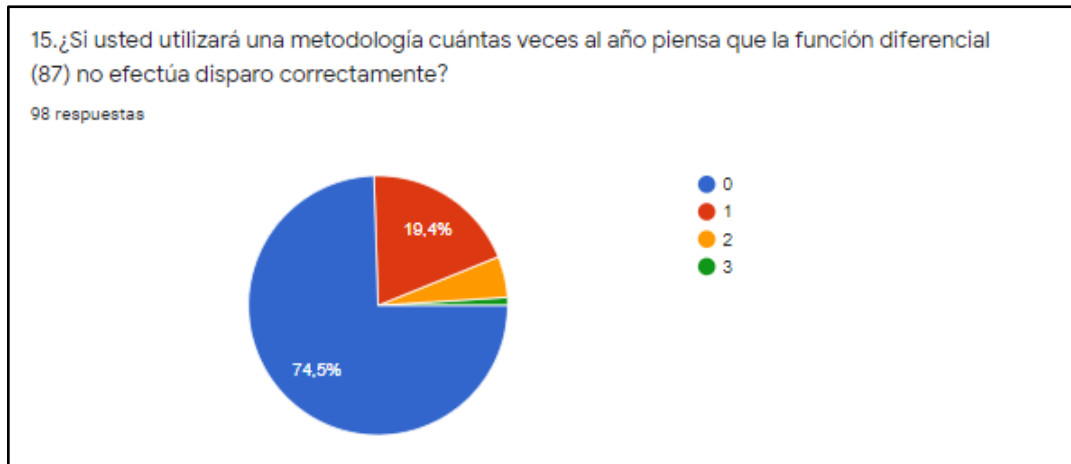


Ilustración 46: Porcentaje de veces al año que la función diferencial (87) no actúa

- ✓ El 74.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función diferencial (87) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 19.4 % señala 1 vez al año.

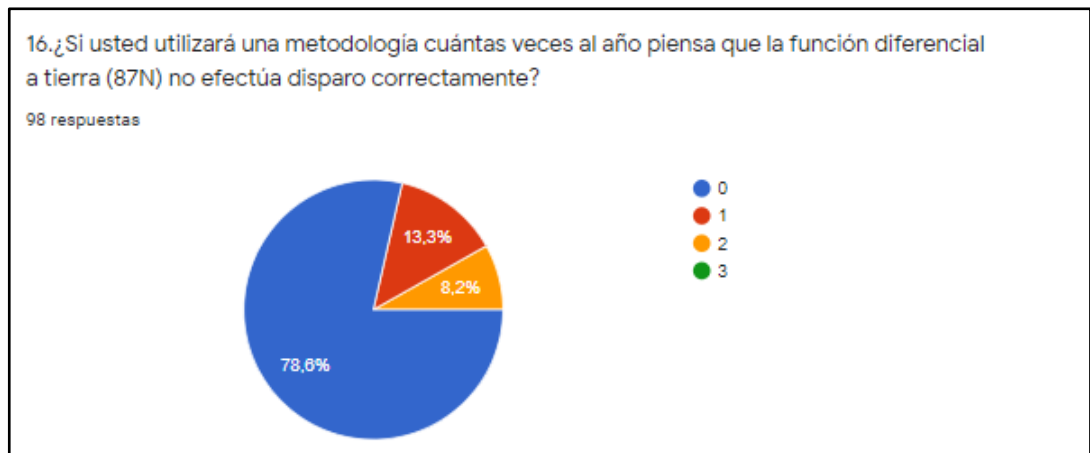


Ilustración 47: Porcentaje de veces al año que la función diferencial a tierra (87N) no actúa

- ✓ El 78.6% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función diferencial a tierra (87N) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 13.3 % considera 1 vez y el 8.2% señala 2 veces en el año.



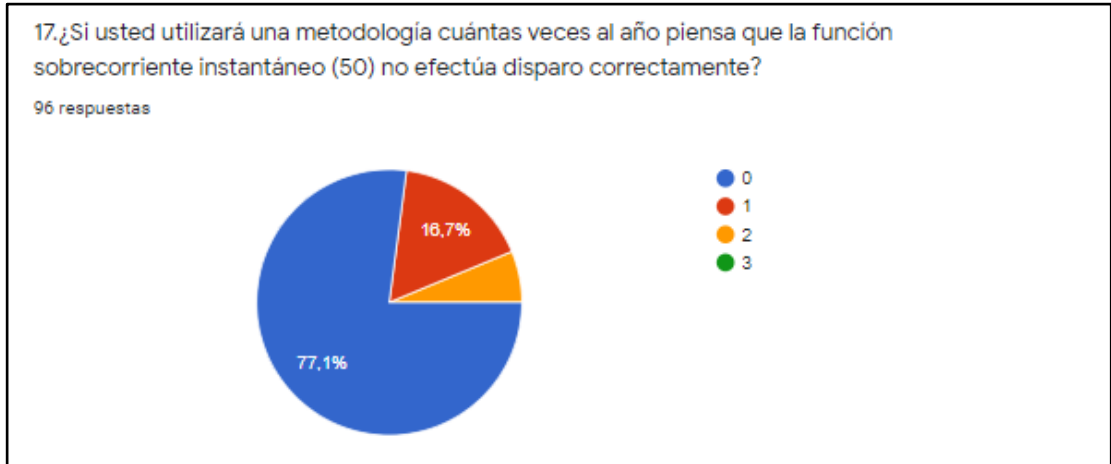


Ilustración 48: Porcentaje de veces que la función sobrecorriente instantáneo (50) no actúa

- ✓ El 77.1% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función sobrecorriente instantáneo (50) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 16.7 % señala 1 vez al año.

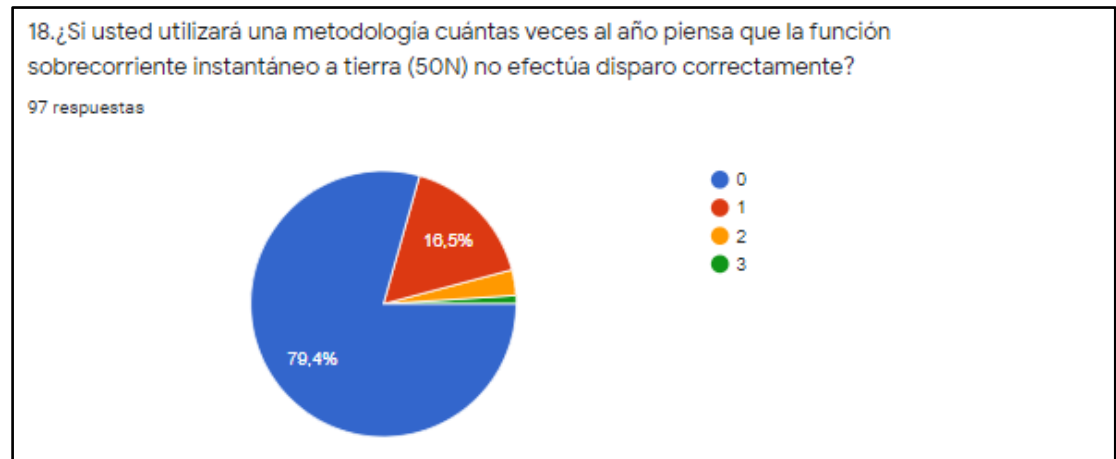


Ilustración 49: Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no actúa

- ✓ El 79.4% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 16.5 % señala 1 vez al año.

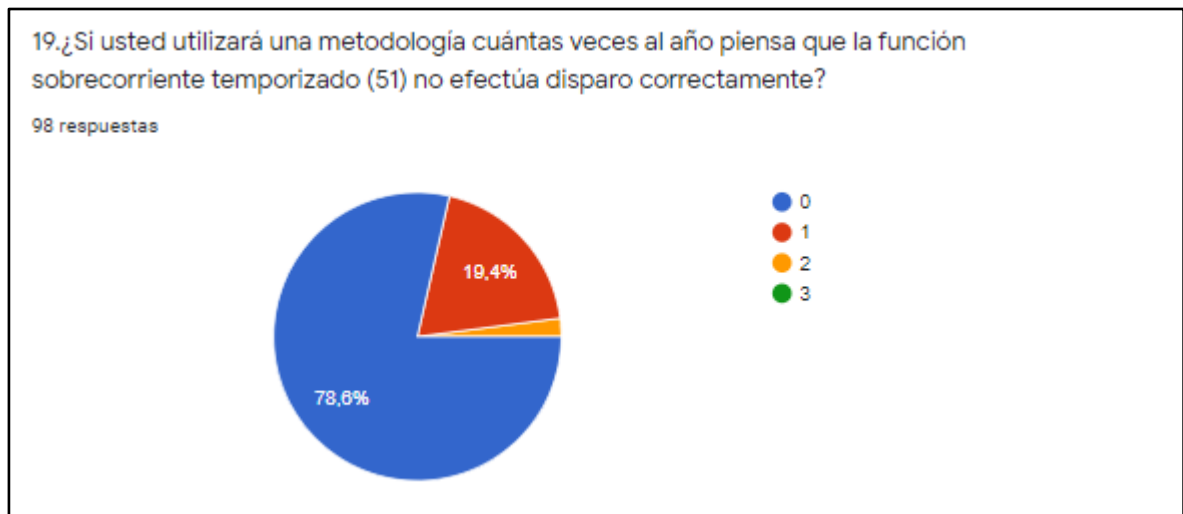


Ilustración 50: Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) utilizando metodología

- ✓ El 78.6% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función sobrecorriente temporizado (51) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 19.4 % señala 1 vez al año.



Ilustración 51: Porcentaje de veces al año que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) utilizando metodología

- ✓ El 82.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías para evitar una mala actuación por la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) sería 0 malas actuaciones al año, en cambio el 12.4 % indica 1 vez al año.

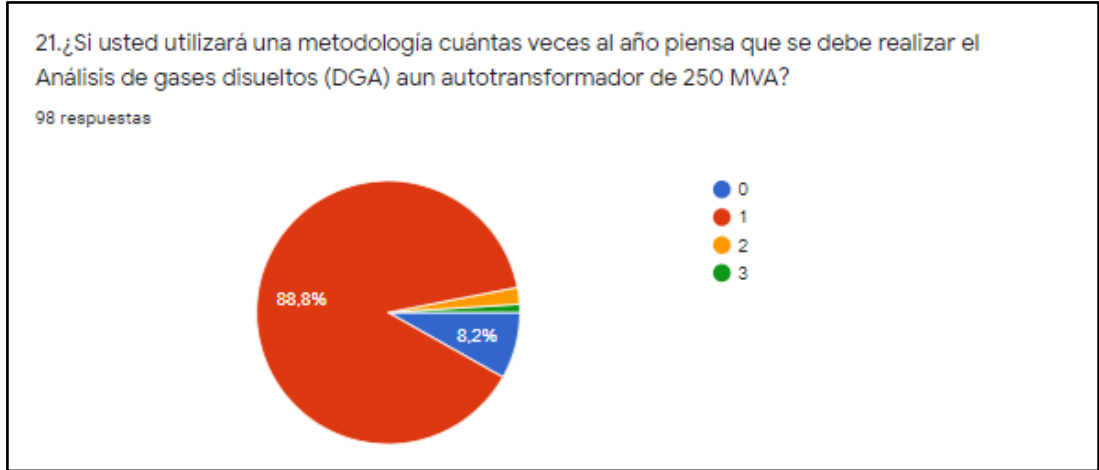


Ilustración 52: Porcentaje de veces que se debe hacer a año el Análisis de gases disueltos (DGA)

- ✓ El 88.8% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías el análisis de gases disueltos (DGA) debería realizarse 1 vez al año, en cambio el 8.2% señala que debe hacerse 0 veces al año.

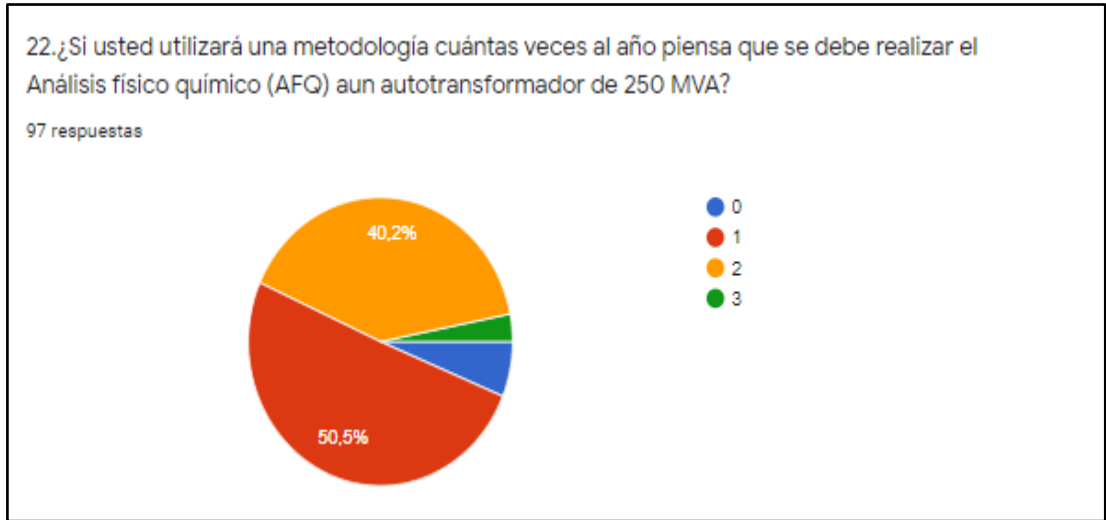


Ilustración 53: Porcentaje de veces que se debe hacer a año el Análisis físico químico (AFQ)

- ✓ El 50.5% de los encuestados indican que si utilizaran metodologías el análisis físico químico (AFQ) debería realizarse 1 vez al año, en cambio el 40.2% señala que debe hacerse 2 veces al año.

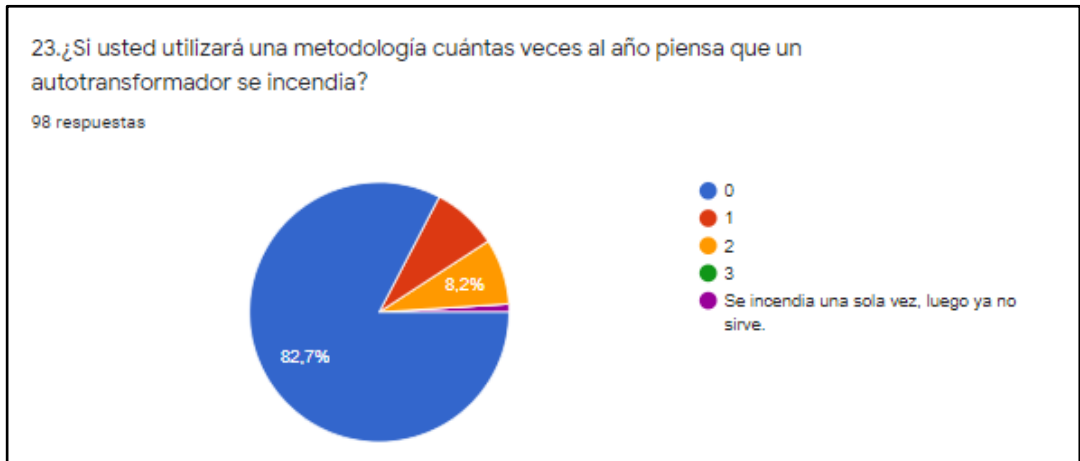


Ilustración 54: Porcentaje de veces que puede incendiarse un autotransformador

- ✓ El 82.7% de los encuestados indican que al utilizarse metodologías el autotransformador no debería incendiarse, en cambio el 8.2% señala 2 veces al año.

A continuación, se mostrará la tabulación que se tiene con los resultados obtenidos con las personas que no usan metodología.

Tabla 4.Evaluación de personas que no usan metodologías

<b>FACTORES EVALUADOS</b>	<b>MODA</b>
1. ¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos eléctricos al momento de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?	0
2. ¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos mecánicos al momento de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?	0
3. ¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos digitales al momento de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?	0
4.¿Si usted utilizará una metodología cuantas fallas por relé buchholz piensa que se presentan al año ?	0
5.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé buchholz?	0
6.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de sobrepresión piensan que se presentan al año ?	0
7. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de flujo piensan que se presentan al año?	0
8. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé de flujo?	0
9. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de presión de alivio piensan que se presentan al año ?	0
10.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de imagen térmica de aceite piensan que se presentan al año ?	0
11. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de imagen térmica de devanado piensan que se presentan al año ?	0
12.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se sobrecarga un autotransformador de 250 MVA?	0

13.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan gases en el autotransformador de potencia de 250 MVA?	0
14.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fugas de aceite en un autotransformador de potencia en 250 MVA?	0
15. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función diferencial (87) no efectúa disparo correctamente?	0
16.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función diferencial a tierra (87N) no efectúa disparo correctamente?	0
17.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo (50) no efectúa disparo correctamente?	0
18.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no efectúa disparo correctamente?	0
19.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado (51) no efectúa disparo correctamente?	0
20.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) no efectúa disparo correctamente?	0
21.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA) aun autotransformador de 250 MVA?	1
22.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis físico químico (AFQ) aun autotransformador de 250 MVA?	1
23.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que un autotransformador se incendia?	0

Nota: Elaboración propia

- ✓ Se observa que al utilizar metodologías las fallas serían de 0 y también se podría evitar incendios y anomalías operativas de las protección mecánica y eléctrica como lo indica la encuesta realizada. También se muestra en la Tabla 2 que las protecciones mecánicas de los autotransformadores y transformadores fallan por fugas de aceite e ingreso de humedad, es importante prevenir estas fallas para estar dentro de la tolerancia de fallas como lo indica el Anexo 2.

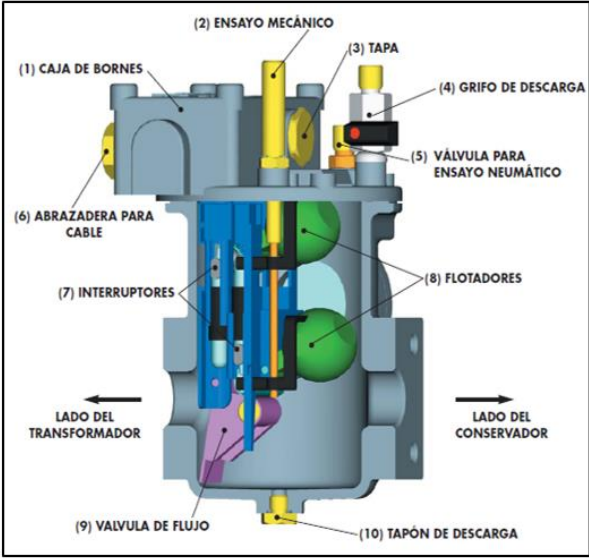
### **4.1.3 Planteamiento de metodologías**

A continuación, se dará a conocer cómo se debe realizar la verificación y comprobación las protecciones mecánicas y eléctricas de un Autotransformador de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 Kv en zona de selva peruana.

Es por ello por lo que se explicará la forma como se debe realizar paso a paso para la verificación y comprobación de un relé buchholz, relé de flujo, relé de sobrepresión, indicador de nivel y relé de temperatura. Teniendo en cuenta que la persona que debe realizar el trabajo de verificar el funcionamiento es un linero, ya que él tiene la habilidad de trabajar en altura y podrá subir encima del autotransformador donde se ubica estos relés y con ayuda del técnico que estará como supervisor de la actividad y apoyará en la lectura de planos y apoyo en el alcancé de materiales y herramientas necesarias para realizar la prueba. Es importante aclarar que los detalles que se especifican en cada metodología planteado es un instructivo que involucra los procesos a realizar, respecto a los materiales están descritas de forma general, ya que en ocasiones se pueden presentar problemas en las actividades eléctricas y es recomendable tener herramientas y materiales al alcance e inclusive sino se utilizan.

A continuación, se mostrará las fichas de metodologías para la verificación y comprobación de cada equipo de protección mecánica con la que cuenta un autotransformador.

## i Ficha de metodología del Relé buchholz

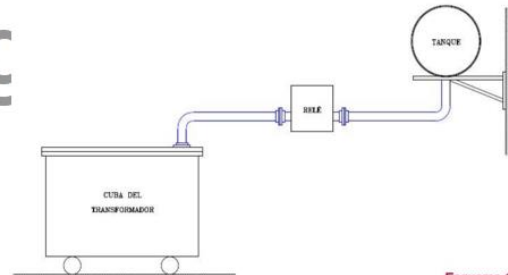
<b>METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN Y CONPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE RELÉ BUCHHOLZ</b>		Elaborado:	Fecha:
		Revisión:	Fecha:
		Aprobado:	Fecha:
Marcas: <b>TODAS</b>	Tipo: <b>EXTERIOR</b>	Tension: <b>220/138/22.9 KV</b>	
			
<b>A. RECURSOS:</b>			
<b>2. Personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 técnico</li> <li>• 1 liniero</li> </ul> <b>2. Repuestos</b> Tener respuesto	<b>5. Información técnica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de emergencia para productos químicos utilizados</li> <li>• Manual del fabricante y planos del equipo a intervenir</li> <li>• Registro histórico de mantenimiento.</li> </ul> <b>6. Elementos de protección personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas protección UV lente oscuro</li> <li>• Guantes de hilaza con refuerzo</li> <li>• Respirador para polvo</li> <li>• Arnés con líneas de anclaje</li> <li>• Protector de tela para cabeza y cuello</li> <li>• Casco de seguridad dieléctrico con barbiqueo</li> <li>• Guantes dieléctricos</li> <li>• Bloqueador Solar</li> </ul>	<b>7. Elementos de seguridad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros para aplicar el plan de seguridad ambiental.</li> </ul>	



**B. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:**

**ACTIVIDAD 1: Limpieza general**

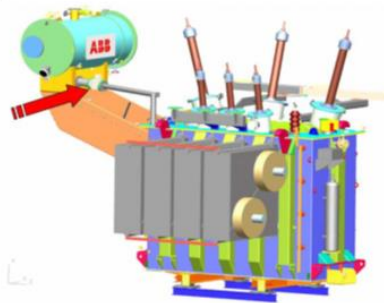
El relé buchholz se encuentra entre el tanque y la cuba del transformador. En el sistema de protección puede detectar los gases producidos por un arco eléctrico producto de una falla grave. Tiene dos niveles de flotadores y contactos de alarma y disparo. En caso que se vialice presencia de fuga de aceite limpiar y verificar el grado de fuga para su corrección.



**ACTIVIDAD 2: Revisar presencia de gases en el interior del relé buchholz**

La presencia de gases se debe:

- La descomposición de aislantes sólidos o líquidos al interior del transformador, causada por unos Sobrecalentamientos o por arcos eléctricos
- Desde el medio ambiente exterior, a través de las bombas de circulación
- Desde el interior del transformador, en caso de que no se someta el dieléctrico a una desgasificación esmerada antes de la puesta en marcha del aparato.



Interpretación del color de los gases formados:

- Gases de color blanco provienen de la destrucción del papel
- Gases amarillos de la destrucción de piezas de madera
- Humos negros o grises provienen de la descomposición del aceite
- Gases rojos del aislamiento de los bobinados.

### ACTIVIDAD 3: Verificación del funcionamiento

- Debe estar siempre lleno de aceite
- Las burbujas se "acumulan" al interior del relé BUCHHOLZ, en su parte superior, haciendo bajar el nivel del aceite y consecuentemente el primer flotador (o flotador superior), con el consiguiente accionamiento del interruptor de alarma.
- En caso de que se forme gas de continuo, el mismo pasa sin obstáculos en la tubería colocada inmediatamente aguas abajo del relé hacia el conservador
- En caso de que siga aumentando el volumen de gas y/o haya goteo de aceite, baja el flotador inferior (o segundo flotador), y antes de que el relé se vacíe por completo se acciona el interruptor de desenganche (disparo); Este fenómeno ocurrirá sólo cuando habrá salido todo el aceite que se encontraba al interior del conservador.



### ACTIVIDAD 4: Ensayos de la comprobación del correcto funcionamiento:

Puede realizarse este control cuando el relé ya está montado y el transformador no se encuentra bajo tensión.

#### 4.1. Ensayo Mecánico

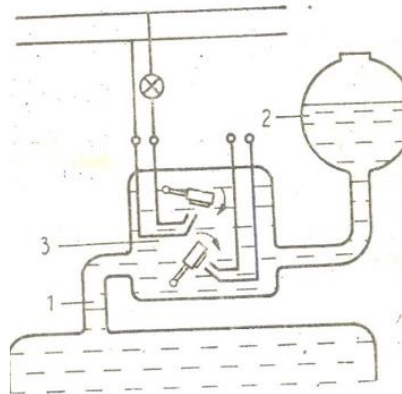
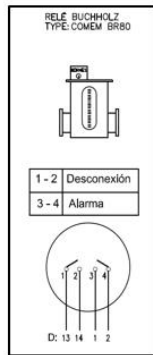
Se destornilla el tapón, luego se debe aplastar suavemente el pulsador hasta la mitad aproximadamente de su recorrido se causa la bajada del flotador superior con el consiguiente accionamiento del interruptor de alarma; se sigue apretando el pulsador hasta el tope del recorrido y se causa la bajada del flotador inferior; por consiguiente, se activa el sistema de desenganche junto con el interruptor de alarma correspondiente. Después que se haya soltado el pulsador, el mismo vuelve automáticamente a su posición inicial



#### 4.2 Ensayo Neumático

Se inyecta aire seco o nitrógeno, el cual produce bajar el nivel de aceite en el interior del relé y por lo cual causa el accionamiento de los flotadores y de los mecanismos.

# Página 2



Observaciones :




Nombre del Ejecutor :

Firma:

--

Ilustración 55:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del relé buchholz

## ii Ficha de metodología del Relé de flujo

METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN Y CONPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE RELÉ FLUJO		Elaborado:	Fecha:
		Revisión:	Fecha:
		Aprobado:	Fecha:
<b>Marcas:</b> TODAS	<b>Tipo:</b> EXTERIOR	<b>Tension:</b> 220/138/22.9 KV	
			
<b>A. RECURSOS:</b>			
<b>2. Personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 técnico</li> <li>• 1 liniero</li> </ul> <b>2. Repuestos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener respuesto</li> </ul> <b>3. Equipos y Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro</li> <li>• Portaherramientas</li> <li>• Juego de destornilladores tipo pala y estrella</li> <li>• Juego de llaves mixta.</li> <li>• Torquímetro</li> <li>• Escaleras de tijera en fibra de vidrio</li> </ul> <b>4. Materiales consumibles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tela trazo industrial ó papel de limpieza</li> <li>• Limpiadores de contactos y disolventes</li> </ul>	<b>5. Información técnica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de emergencia para productos químicos utilizados</li> <li>• Manual del fabricante y planos del equipo a intervenir</li> <li>• Registro histórico de mantenimiento.</li> </ul> <b>6. Elementos de protección personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas protección UV lente oscuro</li> <li>• Guantes de hilaza con refuerzo</li> <li>• Respirador para polvo</li> <li>• Arnés con líneas de anclaje</li> <li>• Protector de tela para cabeza y cuello</li> <li>• Casco de seguridad dieléctrico con barbiquejo</li> <li>• Guantes dieléctricos</li> <li>• Bloqueador Solar</li> </ul>	<b>7. Elementos de seguridad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros para aplicar el plan de seguridad ambiental.</li> </ul>	
<b>B. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:</b>			
<b>ACTIVIDAD 1: Limpieza general</b>			
Se utiliza el relé de flujo para proteger el cambiador de un defecto en el compartimento de aceite del ruptor o cuerpo insertable, o en el recipiente de aceite del selector bajo carga.			
			

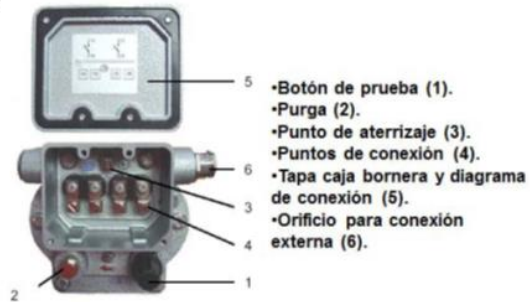
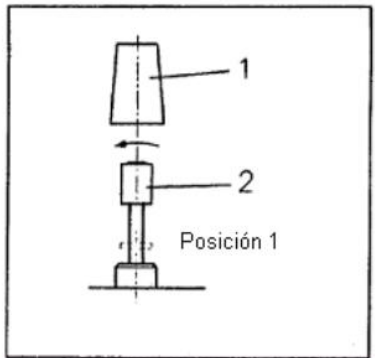
**ACTIVIDAD 2: Verificación de contactos**

En caso que haya presencia de humedad limpiarlo y cambiar el empaque de la tapa



**ACTIVIDAD 3: Verificación del funcionamiento**

- Para controlar el buen funcionamiento del relé EMB
- Desenrosque la tapa (1).
- Presione el botón de prueba (2) hasta la posición 1 (posición de parada), entonces el contacto deberá dar señal disparando a los interruptores asociados.
- Libere el botón girándolo en sentido horario según indicación.



**ANEXOS: Diagrama de los contactos principales**

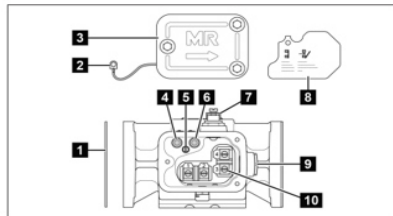


Figure 3: RS 2001-Ex

1 Gasket	2 Potential tie-in
3 Terminal box cover	4 OPERATION (reset) test button
5 Slotted head screw for potential tie-in	6 OFF (test tripping) test button
7 Protective conductor connection	8 Protective cover with pictogram for terminal assignment
9 Cable bushing with dummy plug	10 Connection terminal

Observaciones :

Nombre del Ejecutor :

Página 2

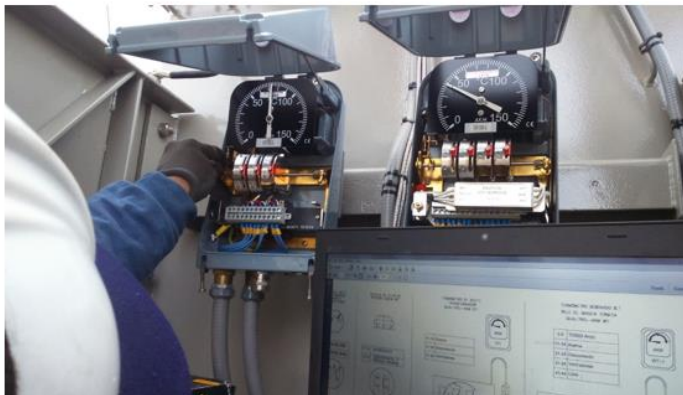


### iii Ficha de metodología del Indicador de temperatura

METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN Y CONPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE INDICADORES DE TEMPERATURA		Elaborado:	Fecha:
		Revisión:	Fecha:
		Aprobado:	Fecha:
Marcas: <b>TODAS</b>	Tipo: <b>EXTERIOR</b>	Tension: <b>220/138/22.9 KV</b>	
			
<b>A. RECURSOS:</b>			
<b>2. Personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tecnico</li> <li>• 1 liniero</li> </ul> <b>2. Repuestos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener respuesto</li> </ul> <b>3. Equipos y Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multímetro</li> <li>• Portaherramientas</li> <li>• Juego de destornilladores tipo pala y estrella</li> <li>• Juego de llaves mixta.</li> <li>• Equipo de contraste de temperatura</li> <li>• Escaleras de tijera en fibra de vidrio</li> </ul> <b>4. Materiales consumibles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tela trapo industrial ó papel de limpieza</li> <li>• Limpiadores de contactos y disolventes</li> </ul>	<b>5. Información técnica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de emergencia para productos químicos utilizados</li> <li>• Manual del fabricante y planos del equipo a intervenir</li> <li>• Registro histórico de mantenimiento.</li> </ul> <b>6. Elementos de protección personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas protección UV lente oscuro</li> <li>• Guantes de hilaza con refuerzo</li> <li>• Respirador para polvo</li> <li>• Arnés con líneas de anclaje</li> <li>• Protector de tela para cabeza y cuello</li> <li>• Casco de seguridad dieléctrico con barbiquejo</li> <li>• Guantes dieléctricos</li> <li>• Bloqueador Solar</li> </ul>	<b>7. Elementos de seguridad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros para aplicar el plan de seguridad ambiental.</li> </ul>	

**ACTIVIDAD 2:** Verificación de contactos de temperatura de aceite y devanado

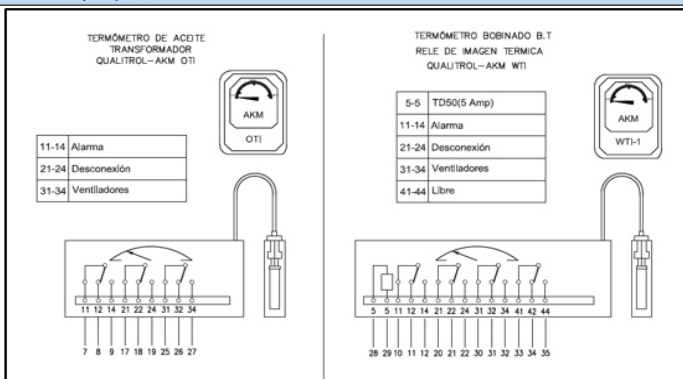
Se debe verificar a que grados los ventiladores arrancan, presencia de alarma y disparo.



**ACTIVIDAD 3:** Verificación del contraste de temperatura



**ANEXOS:** Diagrama de los contactos principales



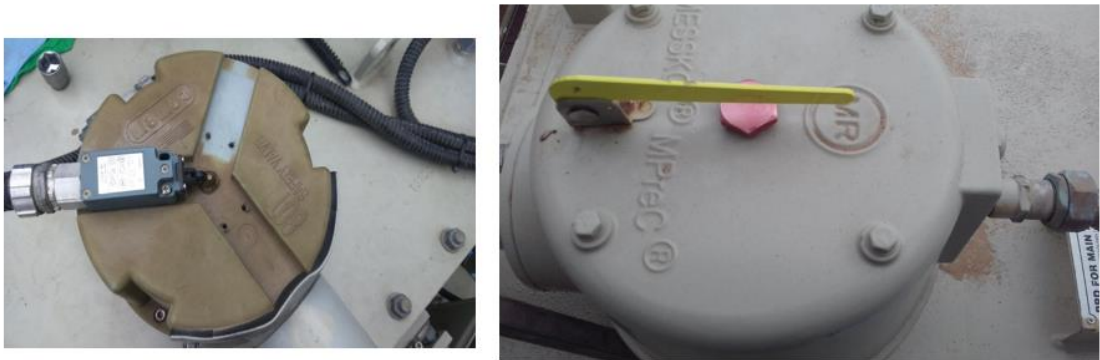

Observaciones :

Nombre del Ejecutor :

Firma:

Ilustración 57:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del indicador de temperatura

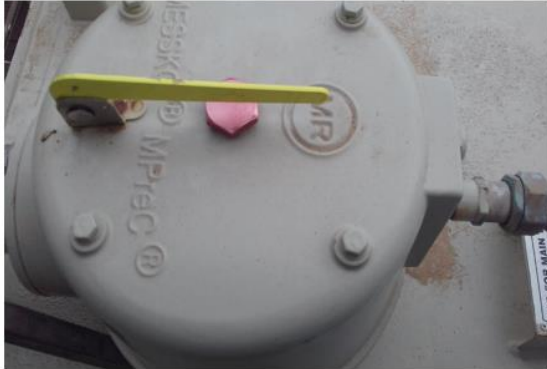
## iv Ficha de metodología del Relé de sobrepresión

<b>METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN Y CONPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ DE SOBREPRESIÓN</b>	Elaborado:	Fecha:
	Revisión:	Fecha:
	Aprobado:	Fecha:
Marcas: <b>TODAS</b>	Tipo: <b>EXTERIOR</b>	Tension: <b>220/138/22.9 KV</b>
		
<b>A. RECURSOS:</b>		
<b>2. Personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tecnico</li> <li>• 1 liniero</li> </ul> <b>2. Repuestos</b> <p>Tener respuesto</p> <b>3. Equipos y Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimetro</li> <li>• Portaherramientas</li> <li>• Juego de destornilladores tipo pala y estrella</li> <li>• Juego de llaves mixta.</li> <li>• Escaleras de tijera en fibra de vidrio</li> </ul> <b>4. Materiales consumibles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tela trapo industrial ó papel de limpieza</li> <li>• Limpiadores de contactos y disolventes</li> </ul>	<b>5. Información técnica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de emergencia para productos químicos utilizados</li> <li>• Manual del fabricante y planos del equipo a intervenir</li> <li>• Registro histórico de mantenimiento.</li> </ul> <b>6. Elementos de proteccion personal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas protección UV lente oscuro</li> <li>• Guantes de hilaza con refuerzo</li> <li>• Respirador para polvo</li> <li>• Arnés con líneas de anclaje</li> <li>• Protector de tela para cabeza y cuello</li> <li>• Casco de seguridad dieléctrico con barbiquejo</li> <li>• Guantes dieléctricos</li> <li>• Bloqueador Solar</li> </ul>	<b>7. Elementos de seguridad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros para aplicar el plan de seguridad ambiental.</li> </ul>
<b>B. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:</b>		
<b>ACTIVIDAD 1: Limpieza general</b>		
<p>• Cuando dentro del transformador se produce una falla de corto circuito, el arco eléctrico vaporiza instantáneamente parte del líquido aislante, produciendo con ello una súbita sobrepresión dentro del tanque, es por ello que se requiere su limpieza y mantenimiento.</p>		
		

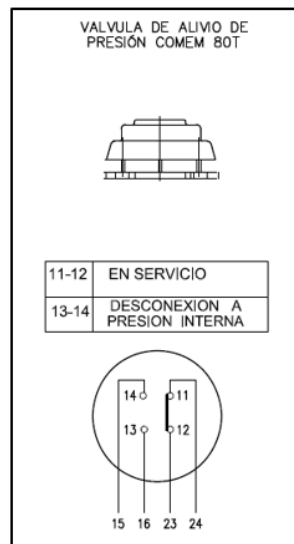


**ACTIVIDAD 2:** Verificación de su funcionamiento

Se debe verificar el funcionamiento y verificar el correcto disparo de los interruptores asociados.



**ANEXOS:** Diagrama de los contactos principales



Observaciones :

---

---

---

---

Nombre del Ejecutor :


Firma:

---

---

Ilustración 58:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del relé de sobrepresión

## v Ficha de metodología del Indicador de nivel

<b>METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN Y CONPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR DE NIVEL</b>		Elaborado:	Fecha:
		Revisión:	Fecha:
		Aprobado:	Fecha:
Marcas: <b>TODAS</b>	Tipo: <b>EXTERIOR</b>	Tension: <b>220/138/22.9 KV</b>	
			
<b>A. RECURSOS:</b>			
<p><b>2. Personal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 tecnico</li> <li>• 1 liniero</li> </ul> <p><b>2. Repuestos</b></p> <p>Tener respuesto</p> <p><b>3. Equipos y Herramientas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimetro</li> <li>• Portaherramientas</li> <li>• Juego de destornilladores tipo pala y estrella</li> <li>• Juego de llaves mixta.</li> <li>• Escaleras de tijera en fibra de vidrio</li> </ul> <p><b>4. Materiales consumibles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tela trapo industrial ó papel de limpieza</li> <li>• Limpiadores de contactos y disolventes</li> </ul>	<p><b>5. Información técnica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjetas de emergencia para productos químicos utilizados</li> <li>• Manual del fabricante y planos del equipo a intervenir</li> <li>• Registro histórico de mantenimiento.</li> </ul> <p><b>6. Elementos de protección personal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas protección UV lente oscuro</li> <li>• Guantes de hilaza con refuerzo</li> <li>• Respirador para polvo</li> <li>• Arnés con líneas de anclaje</li> <li>• Protector de tela para cabeza y cuello</li> <li>• Casco de seguridad dieléctrico con barbiquejo</li> <li>• Guantes dieléctricos</li> <li>• Bloqueador Solar</li> </ul>	<p><b>7. Elementos de seguridad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros para aplicar el plan de seguridad ambiental.</li> </ul>	

**B. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES:**

**ACTIVIDAD 1: Limpieza general**

El indicador de nivel se utilizó con gran eficacia para controlar variaciones de volumen de líquidos en forma visual, eléctrica o ambas.



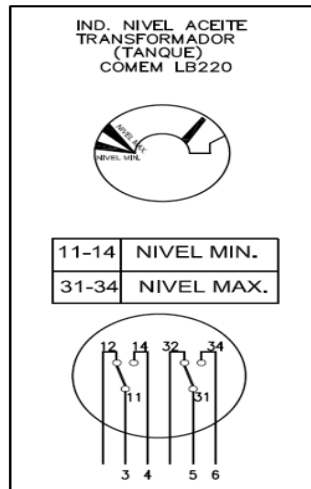
Página 1

**ACTIVIDAD 2: Verificación de su funcionamiento**

Se debe verificar el funcionamiento mediante las medidas de sus contactos, puede verificar en anexos los contactos que posee el indicador de nivel



**ANEXOS: Diagrama de los contactos principales**



Observaciones :

Nombre del Ejecutor :

Firma:

Ilustración 59:Elaboración propia de la evaluación y comprobación del funcionamiento del indicador de nivel

## **vi Metodología de cálculo de Protecciones eléctricas**

En este caso la metodología no se basa en una ficha debido a que las protecciones dependen de ajustes y solo deben realizarse cálculos matemáticos y parámetros que debe cumplir conforme al procedimiento: “Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del SEIN” realizado por el Coes, el cual puede ser descargado del siguiente enlace: <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=b957d7f4-8553-40f6-b85a-e019714e41a1>.

También es importante indicar que solo se está haciendo cálculos para las protecciones de sobrecorriente y diferencial, ya que son las funciones más adecuadas para la protección de un autotransformador de potencia en 250 MVA en niveles de tensión 220/138/22.9 Kv.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de la metodología:

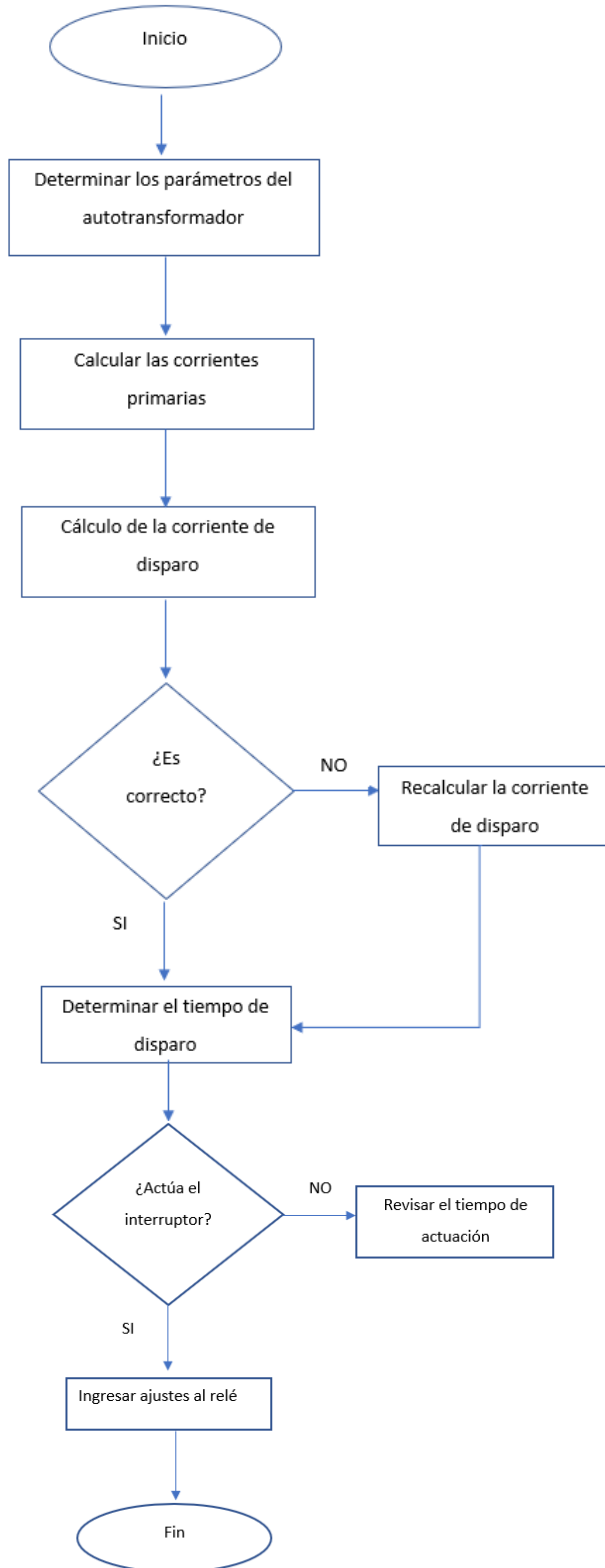


Ilustración 60:Diagra de flujo para el cálculo de ajustes

## 1. Ajustes de la función de sobrecorriente

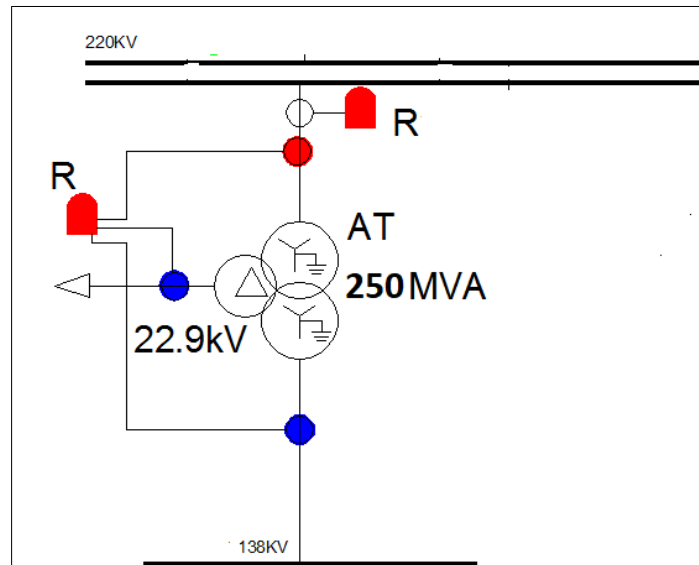


Figura 17: Protecciones para el autotransformador

### ***Coordinación por fases:***

#### **Sobrecorriente de Fase NIVEL 220 kV**

Está formada por un tiempo inverso y tiempo definido.

El valor pickup se encuentra ajustado al 130% de la corriente de mayor valor que este caso es ONAF del lado 220 kV.

Actualmente el margen de coordinamiento entre las protecciones de sobrecorriente asociadas al lado 138kV y 220 kV, es recomendable por el COES mantener el tipo de curva IEC-Normal Inverse.

La segunda etapa considerada como tiempo definido, cuyo umbral es aumentar de tal manera que sea mayor a la corriente vista ante una falla trifásica franca en la barra 138 kV, Además a la temporización se recomienda subir de 100ms a 150 ms, esta etapa tiene por finalidad proteger al transformador de potencia ante una falla en los Bushing de 220kV.

Fuente: (Coes, 2013)

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{250000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ KV}} = 656.858 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajuste}} = 130\% \times 656.858 \text{ A} = 853.9154 \text{ A}$$

Calculo del transformador de corriente:

$$I_p = 1.5 \times 656.858 \text{ A} = 985.287 \text{ A}$$

Se selecciona el transformador de corriente que vende el mercado 1250/1A

TC:1250/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	T2	Curva	I3(A)	t3
Fase(P)	IEC-NI	853.9154	0.12	DT	2450	0.15	-	-	-

Tabla 5: Ajustes de fases lado 220 kV

### **Sobrecorriente de Fase NIVEL 138 kV**

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{250000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 138 \text{ KV}} = 1047.164 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajuste}} = 130\% \times 1047.164 = 1361.31 \text{ A}$$

Se selecciona el transformador de corriente que vende el mercado 200/1A

TC:200/5A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	t2	Curva	I3(A)	t3
Fase	IEC-NI	1361	0.10	-	-	-	-	-	-

Tabla 6: Ajustes fases lado 138 kV

### **Sobrecorriente de Fase NIVEL 22.9kV**

La característica de operación está formada por una etapa de tipo tiempo definido con una temporización de 0.0s que permite brindar un tiempo de despeje de 0.0s ante una falla trifásica franca en la barra de 22.9 kV. Se recomienda mantener la curva de tiempo definido con una temporización.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{75000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 22.9 \text{ KV}} = 1893.127 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajuste}} = 130\% \times 1045.924 = 2461.065 \text{ A}$$

Se selecciona el transformador de corriente que vende el mercado 300/1A

TC:300/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	T2	Curva	I3(A)	t3
Fase(P)	DT	2461	0.15	-	-	-	-	-	-

Tabla 7:Ajuste de fases lado 22.9 kV

### **Coordinación de tierra:**

#### **Sobrecorriente de Tierra NIVEL 220 kV.**

El valor pickup de la primera etapa se encuentra ajustado en 14% de la corriente nominal del lado primario del transformador de corriente asociada al lado de 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{250000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ KV}} = 656.858 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajuste}} = 14\% \times 656.858 \text{ A} = 91.96 \text{ A}$$

TC:1250/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	T2	Curva	I3(A)	t3
Tierra(E)	IEC-NI	92	0.27	DT	-	-	-	-	-

Tabla 8:Ajuste de fase a tierra lado 220 kV



### Sobrecorriente de Tierra NIVEL 138 kV.

El valor pickup se encuentra sesteado al 22.5% de la corriente nominal primaria del transformador de corriente del lado de 138kV del transformador.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{250000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 138 \text{ KV}} = 1047.164 \text{ A}$$

$$I_{\text{ajuste}} = 22.5\% \times 1047.164 = 234.61 \text{ A}$$

TC:1250/1A	Umbral 1			Umbral 2			Umbral 3		
	Curva	I1(A)	t1	Curva	I2(A)	T2	Curva	I3(A)	t3
Tierra(E)	IEC-NI	234	0.23	-	-	-	-	-	-

Tabla 9:Ajuste de fase a tierra lado 138 kV

### Filosofía de la protección diferencial

De una manera muy similar a la protección diferencial de línea y del transformador también compara corrientes de ambos extremos del elemento protegido. La diferencia de corriente que aparece es una evidencia de una falla dentro de la zona protegida, entonces es por ello y para salvaguardar la vida de un activo tan importante para el sistema es que la protección debe ser lo más rápido posible.

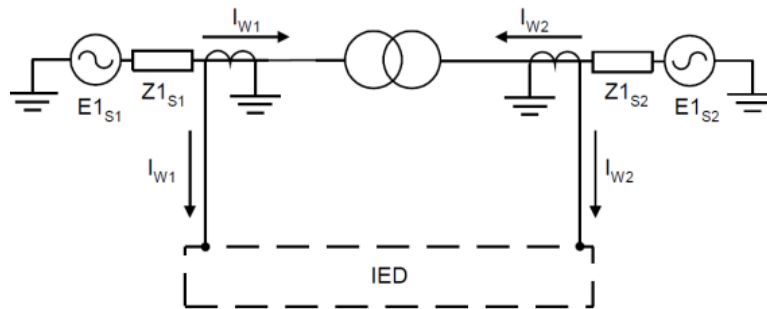


Figura 18:Filosofía de la protección diferencial

Tomada de protecciones del funcionamiento del algoritmo de la empresa (Siemens, 2019 pág. 12)

## Algoritmos de la protección diferencial en la marca SEL

Para la protección diferencial de transformador el relé SEL ya no usará el plano Alfa como en el diferencial de línea, sino que usará la característica similar que cuentan los relés ABB o Siemens.

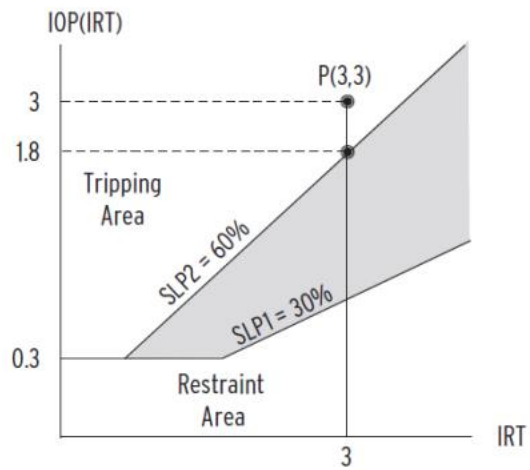
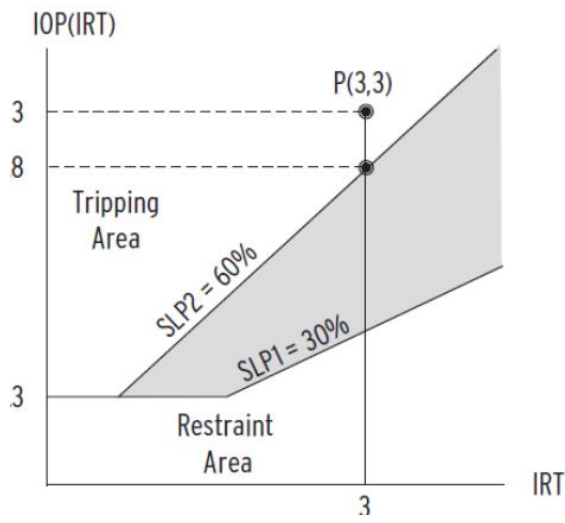


Figura 19: Algoritmos de la protección diferencial en la marca SEL

Tomada del catálogo de los relés de marca (SEL, 2018 pág. 13)



The screenshot shows the 'Differential Element Configuration and Data' settings in the SEL QuickSet software. The left pane shows a tree view with 'Differential Element Configuration and Data' selected. The right pane displays various settings:

- VTERMU Terminal U Line-to-Line Voltage (kV):** 22.90 (Range = 1.00 to 1000.00)
- TAPU Terminal U Current Tap (A,sec):** 1.26 (Range = 0.10 to 35.00)
- VTERMW Terminal W Line-to-Line Voltage (kV):** 138.00 (Range = 1.00 to 1000.00)
- TAPW Terminal W Current Tap (A,sec):** 0.56 (Range = 0.10 to 35.00)
- VTERMX Terminal X Line-to-Line Voltage (kV):** 275.00 (Range = 1.00 to 1000.00)
- TAPX Terminal X Current Tap (A,sec):** 0.84 (Range = 0.10 to 35.00)
- OB7P Differential Element Operating Current Pickup (p.u.):** 0.20 (Range = 0.10 to 4.00)
- SLP1 Slope 1 Setting (%):** 20.00 (Range = 5.00 to 90.00)
- SLP2 Slope 2 Setting (%):** 50.00 (Range = 5.00 to 90.00)
- UB7P Unrestrained Element Current Pickup (p.u.):** 8.00 (Range = 1.00 to 20.00)
- DIOPR Incremental Operate Current Pickup (p.u.):** 1.20 (Range = 0.10 to 10.00)
- DIRTR Incremental Restraint Current Pickup (p.u.):** 1.20 (Range = 0.10 to 10.00)
- E87HB Enable Harmonic Blocking Differential Element:** Y (Select: Y, N)
- E87HR Enable Harmonic Restraint Differential Element:** Y (Select: Y, N)
- PCT2 Second-Harmonic Percentage (% of fundamental):** 15 (Range = 5 to 100, OFF)
- PCT4 Fourth-Harmonic Percentage (% of fundamental):** 15 (Range = 5 to 100, OFF)
- PCT5 Fifth-Harmonic Percentage (% of fundamental):** 25 (Range = 5 to 100, OFF)
- TH5P Fifth-Harmonic Alarm Threshold (p.u.):** OFF (Range = 0.2 to 3.2, OFF)

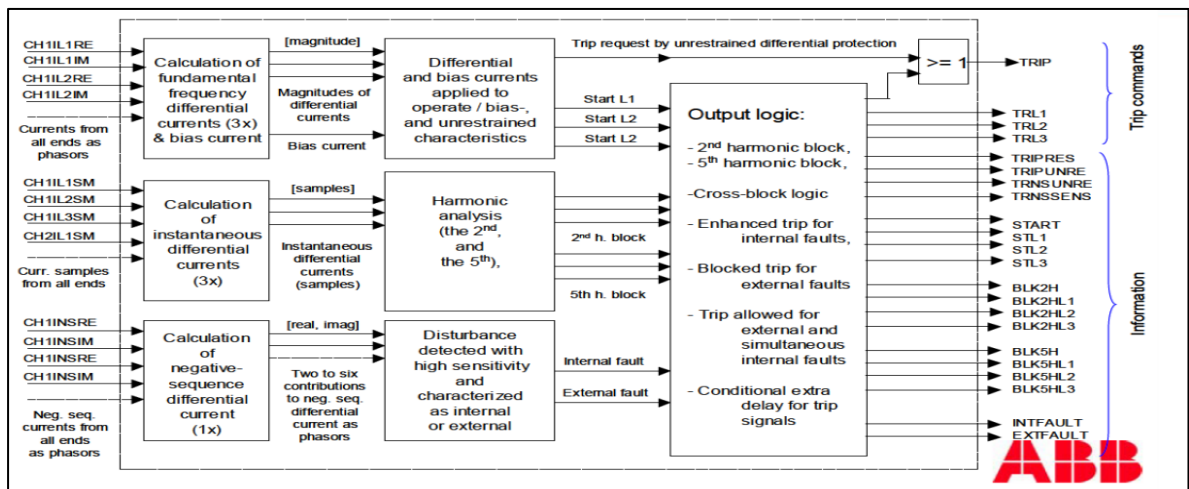
Figura 20:Ajustes en relé SEL

Tomada del programa acSElerator QuickSet de la marca (SEL)

## Algoritmos de la protección diferencial ABB

De similar manera que, en la función diferencial de línea, los relés ABB usan 3 criterios para determinar la evidencia de falla en la línea estas son:

- Cálculo de la corriente diferencial y de restricción en frecuencia fundamental.
- Análisis de corrientes de segundo y quinto armónico (corrientes instantáneas).
- Cálculo de corriente diferencial de secuencia negativa.



Tomada del catálogo de los relés de marca (ABB, 2018 pág. 11)

En el tercer análisis sirve para determinar si la falla es interna o externa mediante las corrientes de secuencias negativas.

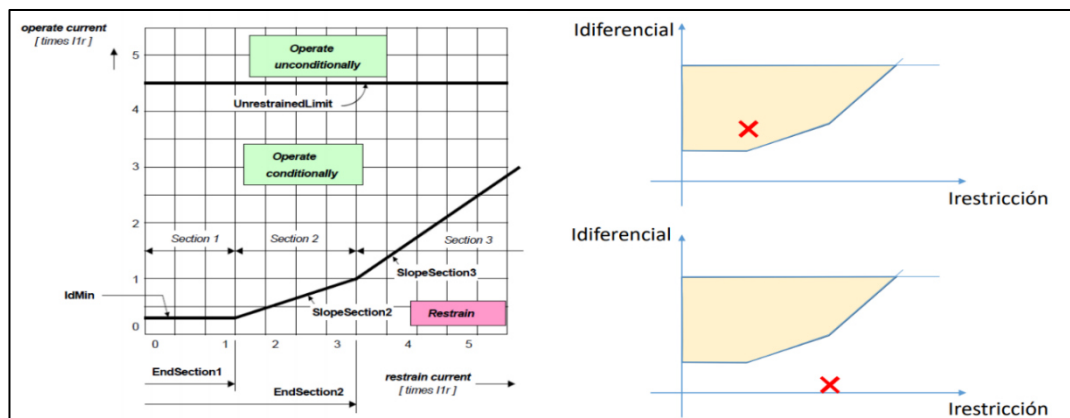


Figura 21: Algoritmos de la protección diferencial ABB

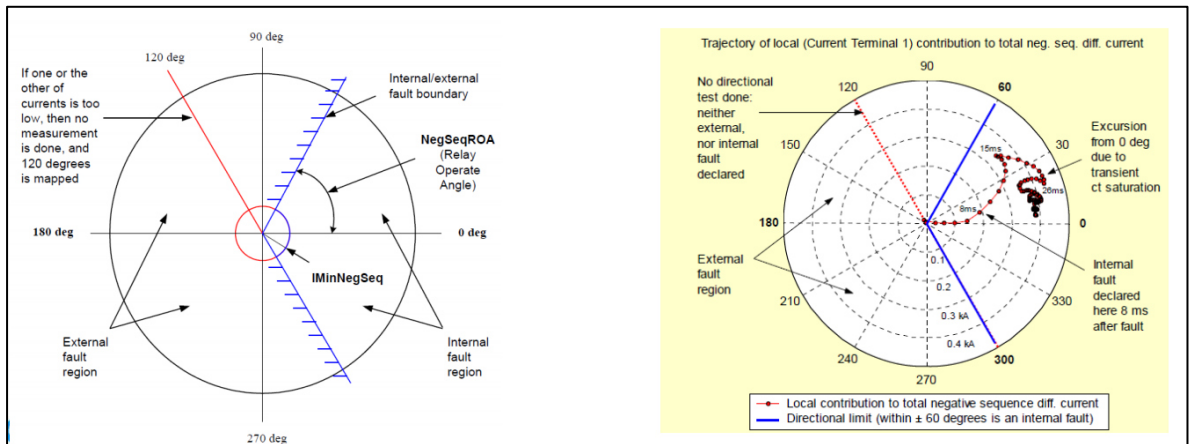


Figura 22: Análisis de la secuencia negativa

Tomada del catálogo de los relés de marca (ABB, 2018 pág. 12)

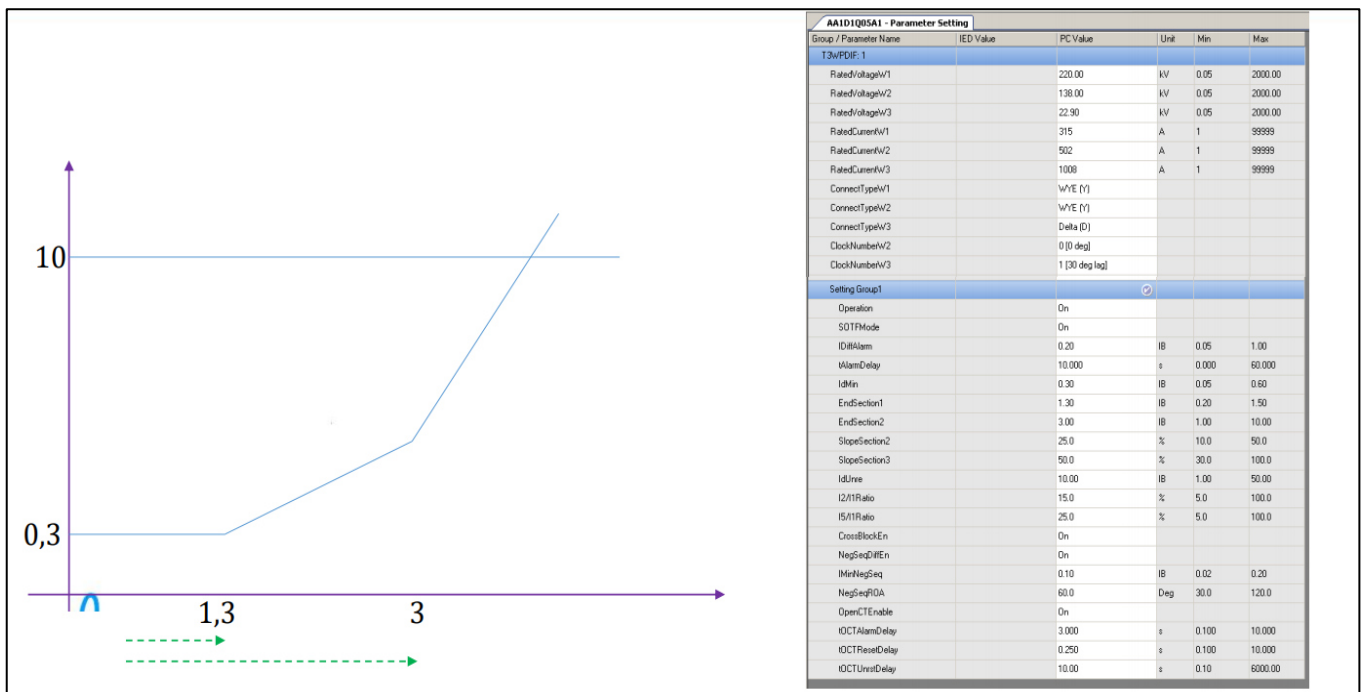


Figura 23: Ajustes en relé ABB

Tomada del programa PCM 2.6 de la marca ABB

## Algoritmos de la protección diferencial SIEMENS

Para un relé siemens el principio de operación es la suma de corrientes

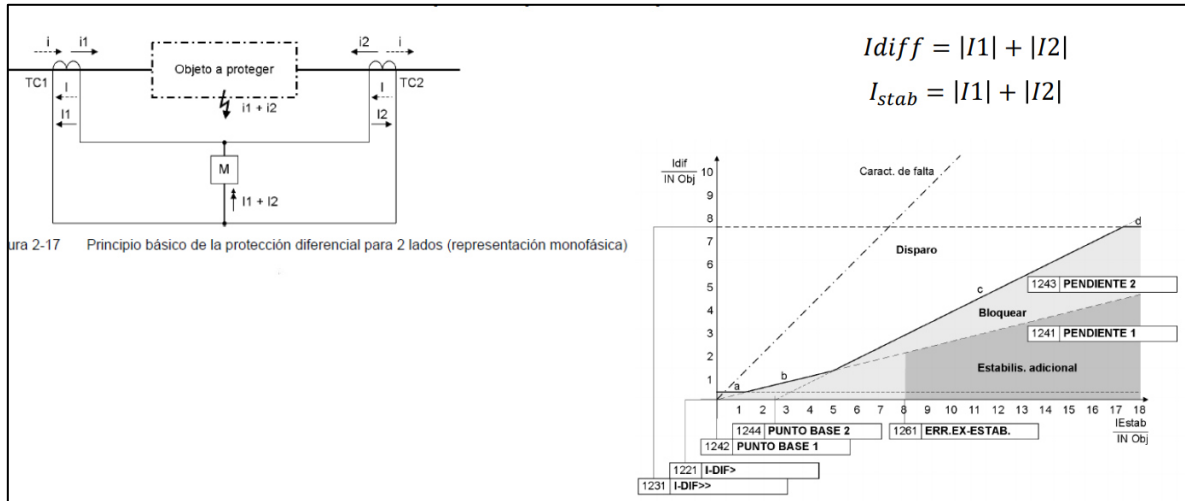


Figura 24: Algoritmos de la protección diferencial SIEMENS  
Tomada del catálogo de los relés de marca (Siemens, 2019 pág. 12)

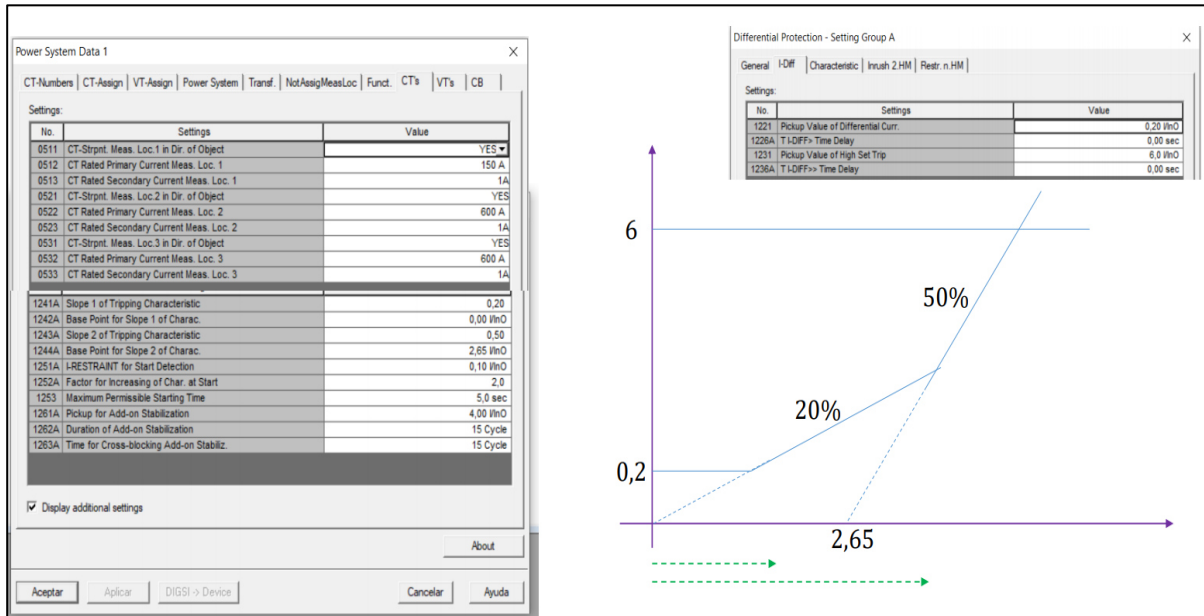


Figura 25. Ajustes en relé siemens  
Tomada del programa DIGSI V4.92 de la marca Siemens

## vii Metodología para realizar maniobra de un autotransformador

En este caso se basa en una metodología donde se explicará los pasos de cómo se debe realizar correctamente la secuencia de maniobras de los equipos, considerando los enclavamientos de cada equipo de maniobra, se dará a conocer cómo se debe desconectar un Autotransformador de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 KV en zona de selva peruana, tomando en cuenta los enclavamientos.

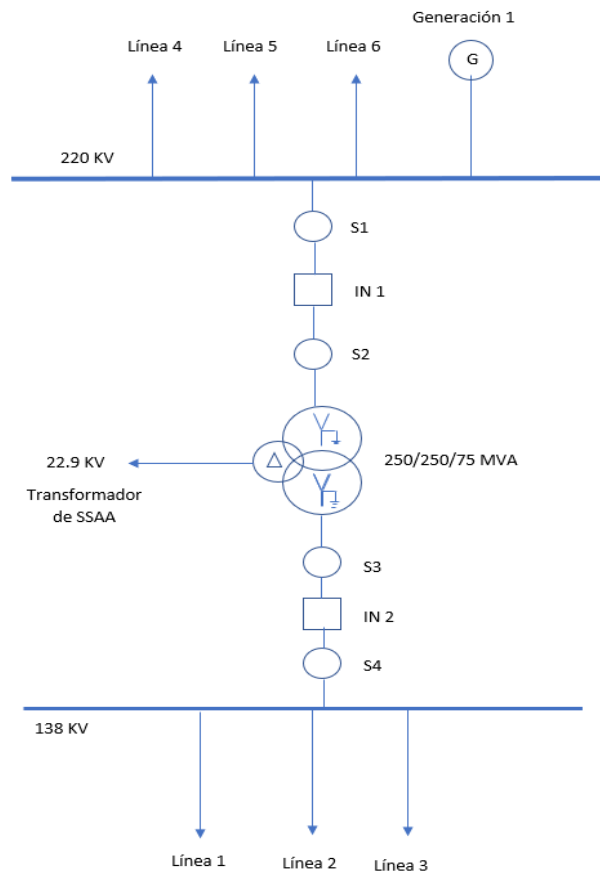


Figura 26:Diagrama del autotransformador 250/250/75 MVA

Nota: Elaboración propia

Primero al momento de desconectar el autotransformador debe desconectarse las líneas 1,2 y 3 quedando 0 MW en el lado de 138 kV, posterior a ello debe desconectarse los equipos asociados al autotransformador, la barra de 220 kV no afecta en nada en la salida del autotransformador. Para la secuencia de maniobras debe considerarse los bloqueos en el interruptor como lo muestra la figura 9, también los bloqueos del seccionador como se muestra en la figura 10. Una vez verificado los bloqueos los equipos podrán abrir correctamente.

Secuencia de maniobra:

Desconectar: IN 2

Desconectar: IN 1

Desconectar: S3, S4, S1 y S2.



## 4.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Se conoce que el número de fallas por año de un Autotransformador registrado por Osinerming luego de la puesta en servicio es de 1 vez y 6 horas de indisponibilidad al año y la desviación estándar es de 1 vez al año, por lo cual esta información se quiere desmentir, la muestra aplicada fue de 143 personas del rubro eléctrico, obteniendo un promedio de 0 fallas al año utilizando metodologías.

Se utilizará un nivel de confianza de 95%, ahora se realizará la prueba de hipótesis para demostrar la cantidad de fallas promedio en un autotransformador en la zona selva.

Descripción de los datos a considerar:

- ✓ Hipótesis alternativa: No utilizar metodologías.
- ✓ Hipótesis nula: Utilización de metodologías.
- ✓ Número de encuestados:143
- ✓ Nivel de confianza:95%
- ✓ Desviación estándar: 1
- ✓ Promedio de fallas utilizando metodología: 0

Ahora con ayuda de la herramienta Excel se realizará el cálculo y comprobación de la hipótesis nula, considerando los datos descritos anteriormente.

Datos:

n =	143
$\sigma =$	1
$\bar{x} =$	0
$\alpha =$	5%

Cálculo:

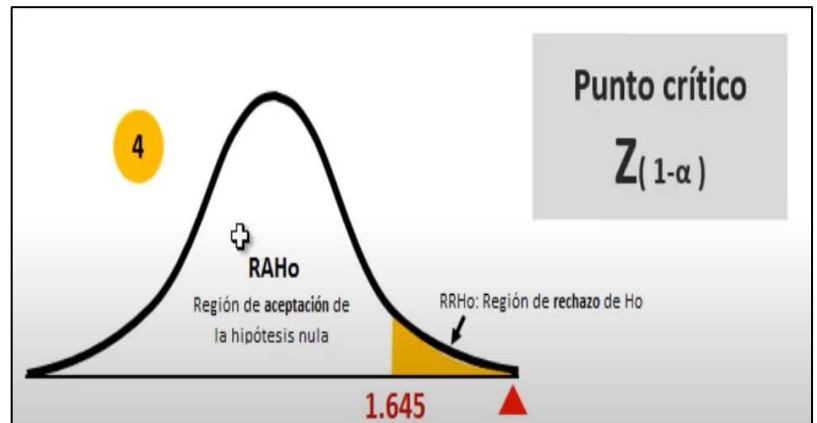
H1: hipótesis alternativa

H0: hipótesis nula

H1:  $\mu > 1$

H0:  $\mu \leq 1$

$$Ze = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{0 - 1}{\frac{1}{\sqrt{143}}} = -11.96$$



Gráfica 1: Región de aceptación de la prueba de hipótesis

Tomado del libro de Estadística Básica Aplicada (4a. ed. )

Conclusión: En conclusión, la hipótesis nula se acepta por lo cual utilizando metodologías habrá 0 fallas en el sistema.

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis nula que establece 0 fallas usando metodologías, ya que el mal mantenimiento, selección y manejo de los equipos afectan directamente el suministro eléctrico en la desconexión de un autotransformador en la zona selva Peruana, Estos resultados guardan relación con lo que sostienen:

- Se debe confiar en este trabajo de investigación, ya que destaca la aplicación de las metodologías que ahorraría tiempo y problemas durante el mantenimiento de los equipos mecánicos y eléctricos de un autotransformador, en el proyecto también se planteó metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas que permitirán evitar demoras en la revisión de las protecciones mecánicas y esto permitirá que los autotransformadores no presenten fallas eléctricas, así como lo demuestra Edson Córdova en su tesis donde al realizar una herramienta permite optimizar y enseñar al personal que se dedica al ámbito eléctrico.
- Este trabajo busca brindar nuevas metodologías para la correcta verificación y comprobación de la protecciones eléctricas, dado que lo descrito en este proyecto fueron adquiridos en la práctica del trabajo día a día realizada , en este proyecto la limitación que se tubo es no contar con datos reales de un autotransformador , pero se realizó una encuesta para obtener datos que permitan demostrar la hipótesis que permitirá evitar fallas por alguna anomalía de las protecciones eléctricas y mecánicas.
- Al plantear metodologías indica dar confiabilidad y esto puede replicarse a otros campos de la ingeniería que al tener metodologías los tiempos y recursos pueden ser menores a lo esperado, ya que existe un adecuado orden cronológico que permitirá ejecutar las actividades oportunamente.
- El uso de metodologías evitarán fallas en los autotransformadores y esto se ve en el ámbito eléctrico, ya que actualmente las subestaciones cuentan con relés digitales que permiten optimizar los tiempos en la ejecución al realizar mandos a los equipos de maniobra como lo son los interruptores y seccionadores, pero para el correcto funcionamiento deben considerarse en cuenta los

enclavamientos eléctricos y mecánicos, es por ello que se realizó este proyecto para saber la forma correcta como desenergizar un autotransformador, también entender que las protecciones son fundamentales para su correcto funcionamiento y que utilizando las metodologías propuestas permitirá disminuir costo, ya que como se demostró en la hipótesis que al utilizar metodologías se evitará fallas y brindará confiabilidad, este trabajo se asemeja a la tesis de Edson Cordova, ya que en su tesis de Diseño de Subestaciones de Transmisión de Potencia Convencional realizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel que permite al estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica y/o ramas afines el diseño de subestaciones de transmisión de potencia convencional.

## CONCLUSIONES:

Las conclusiones se han basado en las metodologías planteadas en la presente tesis, estadística de las encuestas y las fallas de las subestaciones eléctricas de la zona selva Peruana de las empresas Red de Energía del Perú S.A y Consorcio Transmantaro S.A ; siendo éstas las siguientes:

- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento en una adecuada de secuencia de operación ante anomalías, proponiendo fichas de metodología para las protecciones mecánicas y metodología para el cálculo de las protecciones eléctricas mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana.
- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento en una adecuada secuencia de operación ante anomalías mejoran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, ya que al comprobar la secuencia se realizará correctamente las maniobras de la celda del autotransformador.
- Se concluye que utilizando metodologías para realizar una maniobra tanto en el interruptor y seccionador se debe revisar los enclavamientos mecánicos y eléctricos para no tener problemas en realizar las maniobras en los equipos mencionados, es por ello por lo que se describió una metodología para operar de forma correcta los equipos de maniobra.
- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento del relé buchholz ante anomalías aseguran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, es por ello que se planteó una metodología para verificar el relé buchholz.
- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento del relé de flujo ante anomalías aseguran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación

eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, es por ello que se planteó una metodología para verificar el relé de flujo.

- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento del relé de sobrepresión ante anomalías aseguran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, es por ello que se planteó una metodología para verificar el relé de sobrepresión.
- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento del relé de nivel e indicar de temperatura ante anomalías aseguran la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, es por ello que se planteó una metodología para verificar el relé de nivel de temperatura.
- Se concluye que utilizando metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones eléctricas (función sobrecorriente y diferencial) ante anomalías que aseguren la confiabilidad de un Banco de autotransformadores de 250/250/75 MVA ONAF en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 en zona de selva Peruana, es por ello que se planteo la forma como debe determinarse los ajustes de protección.
- Se concluye que el número de fallas por año de un Autotransformador registrado por Osinerming luego de la puesta en servicio es de 1 vez y 6 horas de indisponibilidad al año y la desviación estándar es de 1 vez al año, la muestra aplicada en la presente investigación fue de 143 personas del rubro eléctrico, obteniendo un promedio de 0 fallas al año utilizando metodologías. Se utilizó 95% de confianza, posterior a ello se utilizó la fórmula de contraste estadístico por lo cual la hipótesis nula se acepta y se concluye que utilizando metodologías habrá 0 fallas en el sistema.

## BIBLIOGRÁFICA

**ABB. 2018.** ABB. [En línea] 2018. [Citado el: 03 de diciembre de 2020.]  
<https://new.abb.com/south-america>.

**ANSI/IEEE. 2005.** DESCRIPCIÓN DE LOS NÚMEROS ANSI / IEEE. 2005.

**Antunez, S. 2016.** Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial . [En línea] 2016.

<https://books.google.com.pe/books?id=Dv1qDwAAQBAJ&pg=PT60&lpg=PT60&dq=Filosof%C3%ADas+y+Criterios+de+Automatizaci%C3%B3n:+Arquitecturas,+Protocolos+y+Sistema+de+Automatizaci%C3%B3n.&source=bl&ots=dsGdyxp1xm&sig=ACfU3U0wumQSuolKhb cAipStCgAqfO-rKw&hl=es&sa>.

*AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES ,REDELCOM. REDELCOM. 2019.* Lima : s.n., 2019.

**Barrantes, L. 2011.** DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS . [En línea] 2011.  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA\\_MEMORIA%20PFC%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA_MEMORIA%20PFC%20(4).pdf).

**Bayas, Zambrano y. 2018.** Sistema de protección eléctrica a nivel de 500 kV aplicación a línea subestación PIFO. [En línea] 2018.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9931/1/SISTEMA%20DE%20PROTECCIONES%20EL%3FCTRICAS%20A%20NIVEL%20DE%20500%20Kv%20APLICACION%20SUBESTACION%20PIFO.pdf>.

**Benitez, M. 2018.** Automatización actual de una subestación eléctrica . [En línea] 2018.  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70641/fichero/3.+Automatizaci%C3%B3n+Actual+Subestaci%C3%B3n+El%C3%A9ctrica.pdf+>.

**Camargo, M. 2013.** DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA PARA LA AMPLIACIÓN DE PLANTA BENEFICIADE LA COMPAÑÍA MINERA SHOU GANGHIERRO PERU S.A.A". [En

[En línea] 2013.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2960/Camargo%20Ochoa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Cañaris, R. 2018.** IMPLEMENTACIÓN DE SUBESTACIÓN 220/60/22.9kv PARA LA PLANTA DEFOSFATOS DEL PACÍFICO EN LA CIUDAD DE PIURA". [En línea] 2018.  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Ca%C3%B1ari%20Flores\\_PREGRADO\\_2018.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Ca%C3%B1ari%20Flores_PREGRADO_2018.pdf).

**Chavez, G. 2013.** Propuesta de automatizacion de una subestacion electrica de distribucion . [En línea] 2013.  
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/4022/1/Tesis.pdf>.

**Coes. 2013.** [www.coes.org.pe](http://www.coes.org.pe). [En línea] COES SINAC, 2013. [Citado el: 23 de Enero de 2020.] <http://www.coes.org.pe>.

**Cordova, E. 2018.** DISEÑO DE SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA CONVENCIONAL MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA. [En línea] Junio de 2018.  
[http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1208/1/TL\\_CordovaSaavedraEdson.pdf](http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1208/1/TL_CordovaSaavedraEdson.pdf).pdf.

**Cusiquispe, Miguel Angel Vilca Choque y Jhon Edgar Quisiyupanqui. 2015.** "ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA SUBESTACIÓN DE DOLORESPATA ACORDE A LA NUEVA TOPOLOGIA EN ALTA Y MEDIA TENSION PARA EL AÑO 2018". [En línea] 2015.  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/169/253T20150071.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Elaborado por el Ing. César, Espitia Transequipos S.A. 2019.** Transequipos S.A. [En línea] 2019. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.]  
<https://lanotaenergetica.com/2019/04/26/gestion-de-confiabilidad-y-vida-util-de-transformadores/>.

**Hart, Red. 2019.** ¿Qué es la automatización? *Que es automatizacion* . [En línea] 2019.  
<https://www.redhat.com/es/topics/automation>.



**ISEP. 2018.** ISEP. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.] <http://www.isepingenieria.cl/servicios/analisis-fisico-quimico/>.

**Kraus-Miller. 2019.** Que es un subestacion electrica . [En línea] Abril de 2019. <https://www.krausmuller.com.br/es/que-es-una-subestacion-electrica/>.

**Leon, Julio Cesar Corrales. 1999.** *Pruebas para la instalación, puesta en servicio, operación y mantenimietno de transformadores de potencia.* Ingeniería Eléctrica, Escuela Politecnica Nacional. Quito : s.n., 1999.

**MARCONI, SEA. 2005.** SEA MARCONI. [En línea] 2005. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.] <https://www.seamarconi.com/es/formacion/analisis-de-gases-disueltos-dga-en-transformadores-llenos-de-aceite-1-dia/>.

**Osinermin. 2019.** APROBACIÓN DE PROCEDIMIENTOS COES. [En línea] 2019. <https://www.osinermin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/procesos-regulatorios/electricidad/aprobacion-procedimientos-coes>.

**Promelsa. 2007.** <http://www.promelsa.com.pe>. [En línea] 2007. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.] <http://www.promelsa.com.pe/pdf/12514003.pdf>.

*Protecciones propias de equipos inductivos.* **Gutierrez, Hervi. 2016.** Lima : Transmisión y Distribución de energía eléctrica, 2016.

**QIANQIAN. 2015.** *DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA SOBRECARGA ADMISIBLE DE CORTA.* Ingeniería Eléctrica, Universidad Carlos III de Madrid. Madrid : s.n., 2015. págs. 17,18,19,20,21,22.

**questionpro.** questionpro. [En línea] [Citado el: 16 de octubre de 2020.] <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>.

**SEL. 2018.** SEL. [En línea] 2018. [Citado el: 3 de diciembre de 2020.] <https://selinc.com/es/>.

**Serce. 2011.** Mantenimiento de las subestaciones electgricas . [En línea] 2011. <http://serceperu.com/mantenimiento-subestaciones-electricas/>.

**Serva, M. 2019.** “Automatización de subestaciones de potencia de la empresa distribuidora Electro Ucayali S.A. mediante un sistema SCADA/ICCP para permitirle el monitoreo, control y envío de datos al centro de control del Coes”. [En línea] 2019. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3914>.

**Siemens. 2009.** Niveles de Automatización. [En línea] 2009. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.] <https://new.siemens.com/pe/es/compania/about.html>.

—. **2019.** Siemens. [En línea] 2019. [Citado el: 3 de diciembre de 2020.] <https://www.siemens.com/global/en.html>.

**Solla, J. 2012.** Subestaciones electricas . [En línea] 2012. [https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod\\_resource/content/0/Curso\\_Subestaciones.\\_Univ\\_Laboral\\_Haciadama\\_Parte1.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod_resource/content/0/Curso_Subestaciones._Univ_Laboral_Haciadama_Parte1.pdf).

**Viqueira, J. 2004.** *Redes electricas*. Mexico : UNAM, 2004.

**wikipedia. 2015.** wikipedia. [En línea] 2015. [Citado el: 22 de setiembre de 2020.] [https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9\\_de\\_Buchholz](https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_de_Buchholz).

## **ANEXOS**

Anexo 1: Cantidad de personal de la empresa Red de Energía del Perú S.A















Anexo 2: Gradualidad de tolerancia del número y horas de fallas publicado por Osinerming.

Anexo 3: Cantidad de fallas al año de los transformadores de la zona selva.

Anexo 4: Cantidad de fugas en transformadores y autotransformadores de las subestaciones eléctricas de la selva peruana.

Anexo 5: Encuesta para obtener información del uso de metodologías para la verificación y comprobación de protecciones mecánicas y eléctricas.

## ANEXO 1: CANTIDAD DE PERSONAL DE LA EMPRESA RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A

 <p><b>Trabajadores por región</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE CONTRATO</th> <th>DT Centro</th> <th>DT Norte</th> <th>DT Sur</th> <th>San Isidro</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Indefinido</td> <td>95</td> <td>45</td> <td>52</td> <td>131</td> <td>323</td> </tr> <tr> <td> Temporal</td> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>21</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL GENERAL</b></td> <td><b>115</b></td> <td><b>51</b></td> <td><b>60</b></td> <td><b>152</b></td> <td><b>378</b></td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE CONTRATO	DT Centro	DT Norte	DT Sur	San Isidro	Total	 Indefinido	95	45	52	131	323	 Temporal	20	6	8	21	55	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>115</b>	<b>51</b>	<b>60</b>	<b>152</b>	<b>378</b>
	TIPO DE CONTRATO	DT Centro	DT Norte	DT Sur	San Isidro	Total																			
 Indefinido	95	45	52	131	323																				
 Temporal	20	6	8	21	55																				
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>115</b>	<b>51</b>	<b>60</b>	<b>152</b>	<b>378</b>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE CONTRATO</th> <th>Jornada completa</th> <th>Media jornada</th> <th>Total general</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Indefinido</td> <td>323</td> <td>0</td> <td>323</td> </tr> <tr> <td> Temporal</td> <td>55</td> <td>0</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL GENERAL</b></td> <td><b>378</b></td> <td><b>0</b></td> <td><b>378</b></td> </tr> </tbody> </table>	TIPO DE CONTRATO	Jornada completa	Media jornada	Total general	 Indefinido	323	0	323	 Temporal	55	0	55	<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>378</b>	<b>0</b>	<b>378</b>									
TIPO DE CONTRATO	Jornada completa	Media jornada	Total general																						
 Indefinido	323	0	323																						
 Temporal	55	0	55																						
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>378</b>	<b>0</b>	<b>378</b>																						
 <p><b>Trabajadores por tipo de contrato</b></p>																									

Fuente: [www.rep.com.pe](http://www.rep.com.pe)

**ANEXO 2: GRADUALIDAD DE TOLERANCIA DEL NÚMERO Y HORAS DE FALLAS PUBLICADO POR OSINERMIN.**

Unidad	Componente	Gradualidad de la Tolerancia					
		Costa			Sierra y Selva		
		1° al 12° mes	12° al 14° mes	Año adelante	1° al 12° mes	12° al 24° mes	Años adelante
Horas de indisponibilidad por año	Transf., auto transf., equipo de compensación; o celdas, en el nivel de tensión 220 kV y 138 kV.	8	7	6	8	7	6
	Transf., auto transf., equipo de compensación; o celdas, en el nivel de tensión igual o mayor a 30 kV y menor de 75 kV.	6	5	4	6	5	4
	Barra en el nivel de tensión igual o mayor de 30 kV.	3	2	1	3	2	1

Unidad	Componente	Gradualidad de la Tolerancia					
		Costa			Sierra y Selva		
		1° al 12° mes	12° al 24° mes	Años adelante	1° al 12° mes	12° al 24° mes	Años adelante
Número de fallas por año	Transformadores, Auto transformadores, equipos de compensación o celdas. En niveles de tensión igual o mayor de 30 kV. Barra en el nivel de tensión igual o mayor a 30 kV.	3	2	1	3	2	1

Fuente: Osinergmin – Elaboración propia

## ANEXO 3: CANTIDAD DE FALLAS AL AÑO DE LOS TRANSFORMADORES DE LA ZONA SELVA



CONSULTA DE EVENTOS

FECHA DESDE: 01/01/2016  
FECHA HASTA: 31/01/2021

Empresa	Ubicación	Equipo	AÑO	Descripción	Cantidad de fallas 2016	Cantidad de fallas 2017	Cantidad de fallas 2019	Cantidad de fallas 2020		
ISA PERU	S.E. AGUAYTÍA	T110-212	2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR T110-212 DE 60 MVA y 220/138 KV DE LA S.E. AGUAYTÍA	0	0	0	0		
ISA PERU			2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR T110-212 DE LA S.E. AGUAYTÍA	2	0	0	0		
ISA PERU			2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR T38-211 DE 220/138/22.9 KV DE LA S.E. AGUAYTÍA	1	0	0	0		
ISA PERU	S.E. AUCAYACU	T38-212	2017	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT38-212 DE 220/138/22.9 KV Y 60/60/10 MVA LA S.E. AGUAYTÍA	0	1	0	0		
ISA PERU			2019	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T38-212 DE LA S.E. AGUAYTÍA	0	0	1	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.	S.E. AUCAYACU	T28-162	2016	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T28-162 DE 138/22.9 KV DE LA S.E. AUCAYACU	1	0	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.		T65-162	2020	DESCONECTÓ EL TRANSFORMADOR T65-162 DE 138/22.9 KV DE LA SE AUCAYACU POR FALLA	0	0	0	1		
ISA PERU	S.E. PUCALLPA	T106-162	2016	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T106-162 DE 138/60 KV DE LA S.E. PUCALLPA	1	0	0	0		
ISA PERU			2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT39-161 DE LA S.E. PUCALLPA	0	0	0	0		
ISA PERU		T39-161	2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT39-161 DE LA S.E. PUCALLPA	2	0	0	0		
ISA PERU		T111-161	2016	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T111-161 DE LA S.E. PUCALLPA	1	0	0	0		
ISA PERU			2017	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T111-161 60 KV DE LA S.E. PUCALLPA	0	1	0	0		
TRANSMANTARO	S.E. SURIRAY	AT89-212	2018	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT89-212 DE 220/138/22.9 KV DE LA S.E. SURIRAY	0	0	0	0		
TRANSMANTARO			2019	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT89-212 DE LA S.E. SURIRAY	0	0	0	0		
TRANSMANTARO			2019	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR AT89-212 DE LA SE SURIRAY POR FALLA	0	0	2	0		
TRANSMANTARO			2020	DESCONECTÓ EL AUTOTRANSFORMADOR AT89-212 220/138 KV DE LA S.E. SURIRAY POR FALLA	0	0	0	0		
TRANSMANTARO			2020	DESCONECTÓ EL AUTOTRANSFORMADOR 220/138 KV AT89-212 DE LA S.E. SURIRAY POR FALLA	0	0	0	2		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			S.E. TINGO MARÍA	AT82-211	2016	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT82-211 DE 220/138 KV DE LA S.E. TINGO MARÍA	1	0	0	0
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.					2020	DESCONECTÓ EL AUTOTRANSFORMADOR AT82-211 DE LA SE TINGO MARÍA EN EL INSTANTE DE ENERGIZACIÓN DE LA LÍNEA L-1038 DE 10 KV	0	0	0	0
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.	2020	DESCONEXIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR AT82-211 220/138/10 KV DE LA S.E. TINGO MARÍA			0	0	0	2		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.	S.E. TOCACHE	T35-121	T69-11	2020	DESCONECTÓ EL TRANSFORMADOR 138/10 kv T69-11 DE LA S.E. TINGO MARÍA POR FALLA	0	0	0	1	
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2016	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T35-121 DE 138/22.9/10 KV DE LA S.E. TOCACHE	1	0	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2017	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T35-121 DE 138/22.9 KV DE LA S.E. TOCACHE	0	0	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2017	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T35-121 138/22.9 KV DE LA S.E. TOCACHE	0	0	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2017	DESCONEXIÓN DE LA CELDA DE 22.9 KV DEL TRANSFORMADOR T35-121 DE 138/22.9 KV DE LA S.E. TOCACHE	0	3	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2019	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T35-121 DE LA S.E. TOCACHE	0	0	0	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2019	DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR T35-121 DE LA S.E. TOCACHE	0	0	2	0		
RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.			2020	DESCONECTÓ EL TRANSFORMADOR T35-121 DE 138/22.9 KV POR FALLA	0	0	0	1		

Fuente: <https://www.coes.org.pe>

**ANEXO 4: CANTIDAD DE FUGAS EN TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE LA SELVA PERUANA.**

Ubicac.técnica	Denominación	Año	Número de veces de fuga de aceite en el Año 2014
AUCA138TRF28-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2014	1
AUCA138TRF65-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2014	1
TING138TRF69-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2014	2
	Fuga Aceite Aislante	2014	
TOCA138TRF35-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2014	3
	Fuga Aceite Aislante	2014	
	Fuga Aceite Aislante	2014	
TOCA138TRF66-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2014	1

Ubicac.técnica	Denominación	Año	Número de veces de fuga de aceite en el Año 2015
AUCA138TRF28-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2015	3
	Fuga Aceite Aislante	2015	
	Fuga Aceite Aislante	2015	
AUCA138TRF65-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2015	1
TING138TRF69-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2015	2
	Fuga Aceite Aislante	2015	
TOCA138TRF35-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2015	5
	Fuga Aceite Aislante	2015	
	Fuga Aceite Aislante	2015	
	Fuga Aceite Aislante	2015	
	Fuga Aceite Aislante	2015	
TOCA138TRF66-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2015	1

Ubicac.técnica	Denominación	Fecha	Número de veces de fuga de aceite en el Año 2017
SURI220TRF89-AUTOT-R	Fuga Aceite Aislante	2017	4
	Fuga Aceite Aislante	2017	
	Fuga Aceite Aislante	2017	
	Fuga Aceite Aislante	2017	
SURI220TRF89-AUTOT-RES	Fuga Aceite Aislante	2017	3
	Fuga Aceite Aislante	2017	
	Fuga Aceite Aislante	2017	
SURI220TRF89-AUTOT-S	Fuga Aceite Aislante	2017	2
	Fuga Aceite Aislante	2017	
SURI220TRF89-AUTOT-T	Fuga Aceite Aislante	2017	2
	Fuga Aceite Aislante	2017	
TING138TRF69-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2017	1
TOCA138TRF35-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2017	2
	Fuga Aceite Aislante	2017	
	Fuga Aceite Aislante	2017	
	Fuga Aceite Aislante	2017	
TOCA138TRF66-TRAFO	Fuga Aceite Aislante	2017	2
	Fuga Aceite Aislante	2017	

Sigla	Descripción
AUCA	Subestación Aucayacu
TING	Subestación Tingo María
TOCA	Subestación Tocache
SURI	Subestación Suriray
SE	Subestación
T	Transformador
AT	Autotransformador

Ubicac.técnica	Denominación	Fecha	Texto
TOCA138TRF35-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	09/06/2017	rele 63_no opera correc_ ante sismo
AUCA138TRF28-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	22/10/2019	Reparacion Bolsa tanque expansión
TING138TRF69-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	16/04/2013	Posible ingreso de humedad
TOCA138TRF66-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	02/04/2014	Corregir alarma bajo nivel de aceite
TOCA138TRF66-TRAFO	Condición Relés Electromecánicos	12/02/2013	Ingreso de humedad
SURI220TRF89-AUTOT-R	Condición Relés Electromecánicos	27/12/2019	revisar hermeticidad de bolsa tanque con
SURI220TRF89-AUTOT-T	Condición Relés Electromecánicos	02/07/2020	Ingreso de humedad
SURI220TRF89-AUTOT-RES	Condición Relés Electromecánicos	07/10/2017	Fuga de aceite de relé buchholz

Fuente: Base de datos de Red de Energía del Perú y Consorcio Transmantaro.

**ANEXO 5: ENCUESTA PARA OBTENER INFORMACIÓN DEL USO DE  
METODOLOGÍAS PARA LA VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE  
PROTECCIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS.**

## ENCUESTA DE PROTECCIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE AUTOTRANSFORMADORES

\*Obligatorio

Educación del encuestado \*

- Ingeniero
- Técnico
- Bachiller
- Otro: \_\_\_\_\_

Especialidad o Carrera del encuestado \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Usted utiliza metodologías para la verificación y comprobación del funcionamiento de las protecciones mecánicas y eléctricas en un Banco de autotransformadores de 250 MVA en una subestación eléctrica de 220/138/22.9 kV? \*

- SI
- NO



## ENCUESTA DE PROTECCIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE AUTOTRANSFORMADORES

En caso usted haya respondido con "SI", contestar las siguientes preguntas planteadas :

1.¿ Cuanto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos eléctricos al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

2.¿Cuanto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos mecánicos al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

3.¿Cuanto piensa que se presentan al año errores por enclavamientos digitales al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA ?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

4.¿Cuántas fallas por relé buchholz piensa que se presentan al año ?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

5.¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un rele buchholz?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

6.¿Cuántas fallas por rele de sobrepresión piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

7.¿Cuántas fallas por rele de flujo piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

8.¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé de flujo?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

9.¿Cuántas fallas por relé de presión de alivio piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

10.¿Cuántas fallas por relé de imagen térmica de aceite piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

11.¿Cuántas fallas por relé de imagen térmica de devanado piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

12.¿Cuántas veces al año piensa que se sobrecarga un autotransformador de 250 MVA?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

13.¿Cuántas veces al año piensa que se presentan gases en el autotransformador de potencia de 250 MVA?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

14.¿Cuántas veces al año piensa que se presentan fugas de aceite en un autotransformador de potencia en 250 MVA?

0

1

2

3

Otro: \_\_\_\_\_

15.¿Cuántas veces al año piensa que la función diferencial (87) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

16.¿Cuántas veces al año piensa que la función diferencial a tierra (87N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

17.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo (50) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

18.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

19.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado (51) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

20.¿Cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

21. ¿Cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA) aun autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

22. ¿Cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis físico químico (AFQ) aun autotransformador de 250 MVA?


- 0
- 1
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

23. ¿Cuántas veces al año piensa que un autotransformador se incendia?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

[Atrás](#)

[Siguiete](#)

 Página 11 de 12



# ENCUESTA DE PROTECCIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE AUTOTRANSFORMADORES

En caso usted haya respondido con "NO", contestar las siguientes preguntas planteadas:

1.¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos eléctricos al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

2.¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos mecánicos al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

3.¿Si usted utilizará una metodología cuantos errores al año se presentarían por enclavamientos digitales al momentos de desenergizar un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

4.¿Si usted utilizará una metodología cuantas fallas por relé buchholz piensa que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

5.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé buchholz?

- 0
- 1
- 2
- Otro: \_\_\_\_\_

6.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de sobrepresión piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

7.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de flujo piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

8.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fuga de aceite en un relé de flujo?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

9.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de presión de alivio piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

10.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de imagen térmica de aceite piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

11.¿Si usted utilizará una metodología cuántas fallas por relé de imagen térmica de devanado piensan que se presentan al año ?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

12. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se sobrecarga un autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan gases en el autotransformador de potencia de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

14. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se presentan fugas de aceite en un autotransformador de potencia en 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

15. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función diferencial (87) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

16. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función diferencial a tierra (87N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

17. ¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo (50) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

18.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente instantáneo a tierra (50N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

19.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado (51) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

20.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que la función sobrecorriente temporizado a tierra (51N) no efectúa disparo correctamente?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

21.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis de gases disueltos (DGA) aun autotransformador de 250 MVA?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

22.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que se debe realizar el Análisis físico químico (AFQ) aun autotransformador de 250 MVA?


- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

23.¿Si usted utilizará una metodología cuántas veces al año piensa que un autotransformador se incendia?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro: \_\_\_\_\_

[Atrás](#)

[Enviar](#)

 Página 12 de 12